

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**Trần Doãn Sơn** (Chủ biên)  
**Trần Anh Sơn - Hồ Triết Hưng**

**GIÁO TRÌNH**

**CÁC QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO**

**EBOOKBKMT.COM**

**HỖ TRỢ TÀI LIỆU HỌC TẬP**

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
TP HỒ CHÍ MINH - 2018**

# MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU</b>	5
<b>Chương 1 TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT CHẾ TẠO</b>	7
1.1 Giới thiệu về quá trình chế tạo	7
1.2 Vai trò của quá trình chế tạo	8
1.3 Vật liệu dùng cho chế tạo	8
1.4 Phân loại các quá trình chế tạo	10
1.5 Hướng phát triển của quá trình chế tạo	11
Câu hỏi ôn tập Chương 1	12
Tài liệu tham khảo	12
<b>Chương 2 CÁC QUÁ TRÌNH ĐÔNG ĐẶC</b>	13
2.1 Phương pháp đúc kim loại	13
2.2 Tạo hình nhựa và chất dẻo	29
Câu hỏi ôn tập Chương 2	40
Tài liệu tham khảo	40
<b>Chương 3 CÁC QUÁ TRÌNH GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG BIẾN DẠNG DẺO</b>	41
3.1 Cán	42
3.2 Rèn	44
3.3 Đùn	48
3.4 Kéo	51
3.5 Gia công kim loại tấm	53
Câu hỏi ôn tập chương 3	63
Tài liệu tham khảo	63
<b>Chương 4 CÁC QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT SẢN PHẨM TỪ KIM LOẠI BỘT VÀ GỐM SỨ</b>	64
4.1 Đặc trưng của bột kỹ thuật	64
4.2 Quá trình sản xuất sản phẩm từ bột kim loại	65
4.3 Những vấn đề cần quan tâm khi thiết kế sản phẩm từ vật liệu bột	70
4.4 Ứng dụng	70
Câu hỏi ôn tập chương 4	71
Tài liệu tham khảo	71
<b>Chương 5 CÁC QUÁ TRÌNH BÓC TÁCH KIM LOẠI TRUYỀN THỐNG</b>	72
5.1 Khái niệm	72
5.2 Dụng cụ	72
5.3 Thiết bị cắt gọt	83

5.4 Dung dịch cắt	83
5.5 Các phương pháp gia công tạo ra chi tiết dạng tròn xoay	84
5.6 Các phương pháp gia công tạo ra chi tiết dạng không tròn xoay	103
Câu hỏi ôn tập chương 5	123
Tài liệu tham khảo	123
<b>Chương 6 CÁC QUÁ TRÌNH GIA CÔNG BẰNG HẠT MÀI</b>	124
6.1 Giới thiệu	124
6.2 Quá trình mài	124
6.3 Mài nghiên	131
6.4 Mài khôn	134
6.5 Mài siêu tinh xác	137
6.6 Đánh bóng	138
6.7 Cạo	139
Câu hỏi ôn tập chương 6	140
Tài liệu tham khảo	140
<b>Chương 7 CÁC QUÁ TRÌNH GIA CÔNG KHÔNG TRUYỀN THỐNG</b>	141
7.1 Khái niệm	141
7.2 Quá trình gia công bằng năng lượng cơ	142
7.3 Quá trình gia công bằng điện hóa	145
7.4 Gia công bằng năng lượng nhiệt	149
7.5 Gia công bằng hóa	157
7.6 Những ứng dụng thực tế	161
Câu hỏi ôn tập chương 7	163
Tài liệu tham khảo	163
<b>Chương 8 CÁC PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG</b>	
BỀ MẶT SẢN PHẨM	164
8.1 Các quá trình làm sạch	164
8.2 Mạ	167
8.3 Phủ oxyt	169
Câu hỏi ôn tập chương 8	171
Tài liệu tham khảo	171
<b>Chương 9 QUÁ TRÌNH LẮP RÁP</b>	172
9.1 Các mối lắp không tháo được	172
9.2 Các mối lắp tháo được	179
Câu hỏi ôn tập chương 9	182
Tài liệu tham khảo	182

## LỜI NÓI ĐẦU

**Giáo trình Các quá trình chế tạo** cung cấp cho sinh viên ngành kỹ thuật nói chung và ngành cơ khí nói riêng những kiến thức cơ bản của các quá trình sản xuất đang được ứng dụng trong thực tế sản xuất của xã hội như: các quá trình tạo hình sản phẩm bằng đồng đặc, quá trình gia công bằng biến dạng dẻo, các quá trình bóc tách vật liệu bằng phương pháp truyền thống hay đặc biệt. Ngoài ra, tài liệu cũng giới thiệu các quá trình xử lý bề mặt nhằm nâng cao chất lượng của chi tiết gia công và các phương pháp sản xuất chi tiết bằng kim loại bột và gốm sứ. Tuy nhiên trong khái niệm được trình bày, tài liệu chưa bao quát hết được những vấn đề cần trang bị cho người đọc theo xu hướng phát triển của thực tế sản xuất, ví dụ như kỹ thuật chế tạo micro, kỹ thuật nano, những kiến thức này sẽ được bổ sung khi đề cương môn học được điều chỉnh và mở rộng. Giáo trình bám sát nội dung của đề cương môn học và khi truyền đạt kiến thức trên lớp, giáo viên phụ trách môn học sẽ chỉ dẫn cho các em sinh viên những tài liệu liên quan cần tham khảo.

Giáo trình bao gồm 9 chương và được phân công biên soạn như sau:

Trần Doãn Sơn : Chương 1, 4, 5, 6, 7

Trần Anh Sơn : Chương 2, 9

Hồ Triết Hưng : Chương 3, 8

Mặc dù giáo trình không có ý định cung cấp cho người đọc những kỹ năng để đi sâu giải quyết những vấn đề thực tế đặt ra nhưng cố gắng hướng người đọc hiểu rõ nguyên lý, đặc điểm công nghệ, phạm vi ứng dụng của từng phương pháp, từ đó chọn lựa sơ bộ phương pháp hợp lý khi tạo hình một sản phẩm cụ thể cũng như hỗ trợ kiến thức chuyên môn trong điều hành, quản lý sản xuất.

Do khái niệm trong môn học khá rộng, bao gồm toàn bộ hoạt động sản xuất với các quá trình sản xuất rất đa dạng và khác nhau nên không tránh khỏi những sai sót khi trình bày những khái niệm này, do vậy rất mong nhận được sự đóng góp từ độc giả để chúng tôi hoàn thiện hơn trong lần tái bản tiếp theo.

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp thuộc Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện và góp ý cho nhóm tác giả hoàn thành tài liệu này.

Nhóm tác giả cũng không quên cảm ơn các tác giả trong và ngoài nước đã cung cấp những nguồn tài liệu tham khảo quý giá để giúp nhóm tác giả cập nhật những kiến thức mới theo xu thế phát triển khoa học và công nghệ của thế giới.

Mọi đóng góp xin gửi về: Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Phường 14, Quận 10, TP Hồ Chí Minh.

Các tác giả

**Chương 1****TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT CHẾ TẠO  
(GENERAL OF MANUFACTURING)****1.1 GIỚI THIỆU VỀ QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO  
(INTRODUCTION ABOUT MANUFACTURING)**

Thuật ngữ “Sản xuất” theo tiếng Anh có nghĩa là “manufacture” được bắt nguồn từ hai chữ latin: manus (hand) và factus (make); kết hợp hai từ này có nghĩa là chế tạo bằng tay (made by hand). Trong sản xuất hiện đại ngày nay, sản phẩm được tạo ra không phải bằng tay mà bằng máy móc tự động và ứng dụng công nghệ thông tin. Ví dụ trên Hình 1.1, các sản phẩm cơ khí bình thường như bu lông đai ốc, các rô rá bằng nhựa hay bình lọ bằng gốm sứ, súng đạn, máy vi tính, tất cả đều được quá trình sản xuất hiện đại tạo ra.



**Hình 1.1** Các sản phẩm từ vật liệu khác nhau được các quá trình sản xuất hiện đại tạo ra

## 1.2 VAI TRÒ CỦA QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO

Chế tạo ra mọi thứ để phục vụ con người, đó là hoạt động của nhân loại để đưa thế giới tồn tại và phát triển, quá trình chế tạo có vai trò quan trọng về kinh tế và lịch sử.

### 1.2.1 Vai trò về kinh tế

Quá trình chế tạo trực tiếp tạo ra của cải, vật chất cho xã hội. Lấy ví dụ nền kinh tế của nước Mỹ, quá trình chế tạo chiếm khoảng 15% thu nhập quốc nội (Bảng 1.1).

**Bảng 1.1 Kinh tế Hoa Kỳ thập niên 2000**

Lĩnh vực	% của GNP
Chế tạo	15%
Khai khoáng, nông nghiệp,...	5%
Xây dựng, công trình tiện ích	5%
Dịch vụ, bán lẻ, giao thông, ngân hàng, truyền thông,...	75%

Mặc dù chế tạo chỉ chiếm khoảng 15% GNP của Hoa Kỳ nhưng khác biệt với các lĩnh vực khác là nó trực tiếp tạo ra của cải cho xã hội.

### 1.2.2 Vai trò về lịch sử

Xuyên suốt quá trình lịch sử, văn hóa và đời sống của nhân loại ngày càng phát triển và thịnh vượng nhờ sự phát triển của quá trình sản xuất chế tạo.

Các phương tiện giao thông ngày càng hiện đại giúp cho quá trình giao lưu văn hóa giữa các dân tộc ngày càng phát triển, cuộc sống càng ngày càng tốt đẹp hơn.

Tuy nhiên về vấn đề này cũng phát sinh nhiều hệ lụy, do kỹ thuật chế tạo phát triển không đồng đều giữa các nước cũng từ đó phát sinh sự can thiệp của nền văn hóa này lên nền văn hóa khác.

## 1.3 VẬT LIỆU DÙNG CHO CHẾ TẠO

Phần lớn vật liệu kỹ thuật được phân thành 3 loại (1) kim loại, (2) gỗm sứ, (3) nhựa (polymer). Tính chất hóa học, vật lý là khác nhau và ảnh hưởng đến quá trình chế tạo. Ngoài ba loại vật liệu cơ bản này còn có (4) composite.

### 1.3.1 Kim loại

Kim loại dùng trong chế tạo chủ yếu dưới dạng hợp kim mà cấu tạo gồm 2 hoặc nhiều hơn các nguyên tố. Kim loại và hợp kim có thể chia thành 2 nhóm cơ bản:

Nhóm từ tính và nhóm không từ tính.

- + Nhóm từ tính: Là các kim loại từ sắt, nhóm này bao gồm thép và gang. Đây là nhóm có ý nghĩa lớn nhất về thương mại, chiếm hơn  $\frac{3}{4}$  tổng khối lượng kim loại toàn cầu. Sắt nguyên chất không có nhiều giá trị sử dụng, nhưng khi pha thêm carbon thì giá trị sử dụng và thương mại của chúng tăng lên rất nhiều.

Hợp chất của sắt và carbon là thép và gang.

- + Nhóm không từ tính: Bao gồm các kim loại không phải là sắt và hợp kim của chúng. Hầu hết các hợp kim quan trọng hơn các kim loại nguyên chất về mặt thương mại. Ví dụ: Hợp kim nhôm, đồng, niken, magnesium, titanium...

### 1.3.2 Gốm sứ

Được định nghĩa là một hợp chất có thành phần là kim loại (hoặc bán kim loại) và phi kim (thường là oxy, nitơ, carbon). Các gốm sứ truyền thống bao gồm: đất sét, silica (thành phần chính của thủy tinh), alumina và silicon carbide (vật liệu dùng làm hạt mài trong đá mài). Các gốm sứ mới bao gồm: các carbide kim loại như tungsten carbide và titanium carbide được sử dụng rộng rãi trong công nghệ dụng cụ cắt, các nitride kim loại và bán kim loại như titanium và boron nitride được dùng làm dụng cụ cắt và các hạt mài.

Về mặt sản xuất có thể chia làm 2 nhóm: gốm sứ dạng tinh thể và dạng thủy tinh. Dạng tinh thể thường được tạo hình bằng công nghệ kim loại bột sau đó được thiêu kết. Dạng thủy tinh thường được nấu chảy và đúc, sau đó tạo hình bằng các phương pháp như thổi.

### 1.3.3 Chất dẻo

Chất dẻo, còn gọi là polymer (do chúng được tạo thành từ các đơn vị cấu trúc là mers, các nguyên tử của chúng chia sẻ electron tạo thành phân tử rất lớn). Các polymer được chia thành 3 nhóm chính: (1) nhiệt dẻo, (2) nhiệt rắn, (3) chất đàn hồi.

- + Nhiệt dẻo: các polymer nhóm này có thể chịu được nhiều chu kỳ làm nóng và làm nguội liên tiếp mà không bị thay đổi đáng kể về mặt cấu trúc phân tử. Ví dụ: polyethylene, polystyrene, polyvinylchloride, nylon,...
- + Nhiệt rắn: các polymer nhóm này biến đổi hóa học thành một cấu trúc rắn khi được làm nguội sau quá trình gia nhiệt. Ví dụ: phenolics, nhựa amino, epoxies,...
- + Chất đàn hồi: các polymer nhóm này gồm các chất có độ đàn hồi rất cao như cao su, neoprene, silicone, polyurethane,...

### 1.3.4 Composite

Trong sản xuất công nghiệp composite được dùng ít hơn so với 3 loại trên.

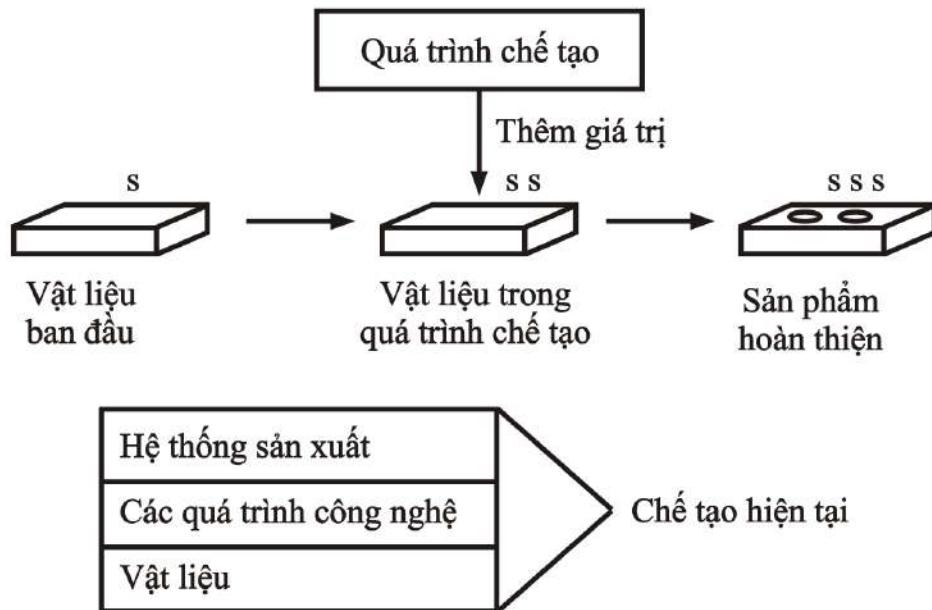
Composite là một vật liệu có 2 **pha** hay nhiều hơn, chúng được xử lý riêng biệt sau đó được kết hợp để thu được cơ tính vượt trội so với các thành phần cấu tạo. Thuật ngữ **pha** ở đây có ý nghĩa là một khối vật liệu đồng nhất, cấu trúc composite thông thường được tạo thành từ các nguyên tử của pha thứ nhất trộn lẫn vào pha thứ 2.

Các composite có trong tự nhiên như gỗ. Ngoài ra có các composite nhân tạo phổ biến như epoxy-Kevlar, tungsten carbide-cobalt (dùng làm mảnh hợp kim trong dụng cụ cắt).

## 1.4 PHÂN LOẠI CÁC QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO

### 1.4.1 Mô hình sản xuất hiện đại

Ngày nay, mô hình để tạo ra một sản phẩm hoàn chỉnh được mô tả như Hình 1.2.

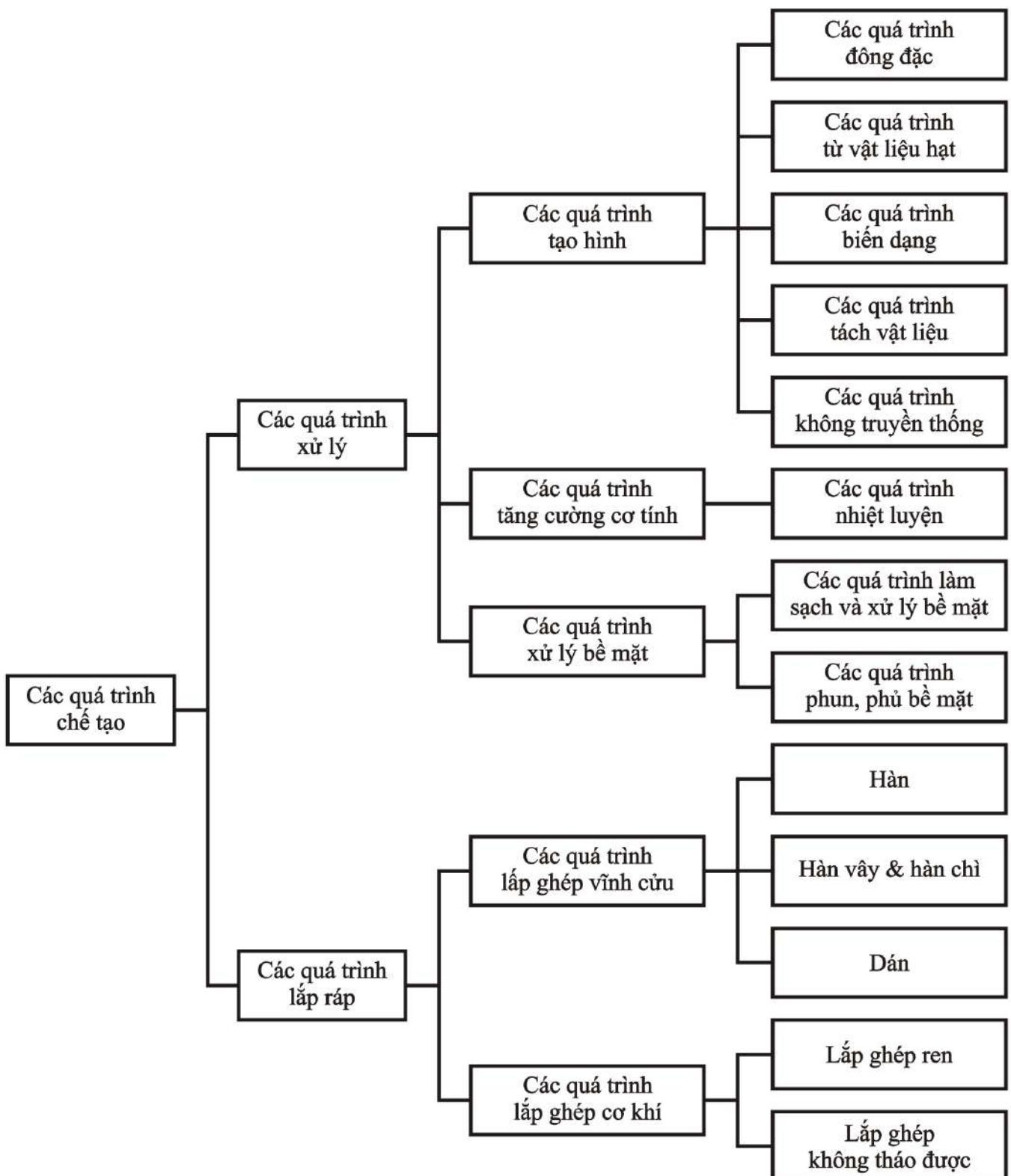


**Hình 1.2** Mô hình sản xuất hiện đại

### 1.4.2 Phân loại các quá trình chế tạo

Quá trình chế tạo gồm các quá trình sau

- Quá trình đúc đặc
- Quá trình biến dạng
- Quá trình tách vật liệu
- Quá trình chế tạo từ bột kim loại và gốm sứ
- Quá trình đặc biệt (đắp vật liệu, hóa, năng lượng nhiệt,...)

**Hình 1.3 Các quá trình chế tạo**

## 1.5 HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO

### 1.5.1 Toàn cầu hóa

Thế giới ngày càng được kết nối chặt chẽ, các hàng rào thuế quan dần được loại bỏ tạo điều kiện cho hàng hóa, dịch vụ, công nghệ, nhân công,... đi lại thoái mái hơn giữa các nước. Đây là xu hướng toàn cầu hóa, nó liên hệ chặt chẽ với hiện tượng chuyển dịch

các ngành sản xuất từ các nước phát triển như Mỹ sang các nước đang phát triển như Trung Quốc, Việt Nam,... do giá nhân công thấp, do đó làm hạ giá thành sản phẩm đi nhiều và tăng sự đa dạng của sản phẩm. Các tập đoàn lớn như Apple, Amazon là các ví dụ điển hình nhất.

### 1.5.2 Sản xuất sạch

Quá trình chế tạo nào cũng tạo ra các phế thải, chẳng hạn như phoi trong quá trình cắt gọt. Một khía cạnh khác của quá trình chế tạo nào cũng tiêu hao năng lượng (hầu hết được tạo ra nhờ đốt nhiên liệu hóa thạch). Các sản phẩm tiêu dùng cũng trở thành rác thải sau một thời gian sử dụng. Sản xuất sạch là xu hướng nhằm tới việc sử dụng hiệu quả các tài nguyên thiên nhiên và giảm thiểu tác hại tới môi trường. Có hai hướng tiếp cận sản xuất sạch:

- (1) Giảm thiểu tác hại của sản phẩm tới môi trường,
- (2) Sản phẩm thân thiện với môi trường.

### 1.5.3 Sản xuất Micro và Nano

Một xu hướng khác của sản xuất hiện đại là sự ra đời của các sản phẩm siêu nhỏ, đôi lúc không thể nhìn thấy bằng mắt thường, đó là chúng cần công nghệ sản xuất đặc biệt. Sản xuất micro ám chỉ các sản phẩm trong khoảng micromét như dầu phun mực in, đĩa CD, DVD. Sản xuất nano ám chỉ các sản phẩm trong khoảng nanomet như TV màn hình phẳng, thuốc trị ung thư,...

### Câu hỏi ôn tập Chương 1

- 1) Khái niệm về quá trình chế tạo hiện đại, tại sao nói quá trình sản xuất có tầm quan trọng về kinh tế và lịch sử.
- 2) Kể tên 3 loại vật liệu dùng phổ biến trong chế tạo máy móc thiết bị, phân tích cấu tạo và những tính chất cơ lý của chúng.
- 3) Phân loại các quá trình chế tạo.
- 4) Hướng phát triển của quá trình chế tạo.

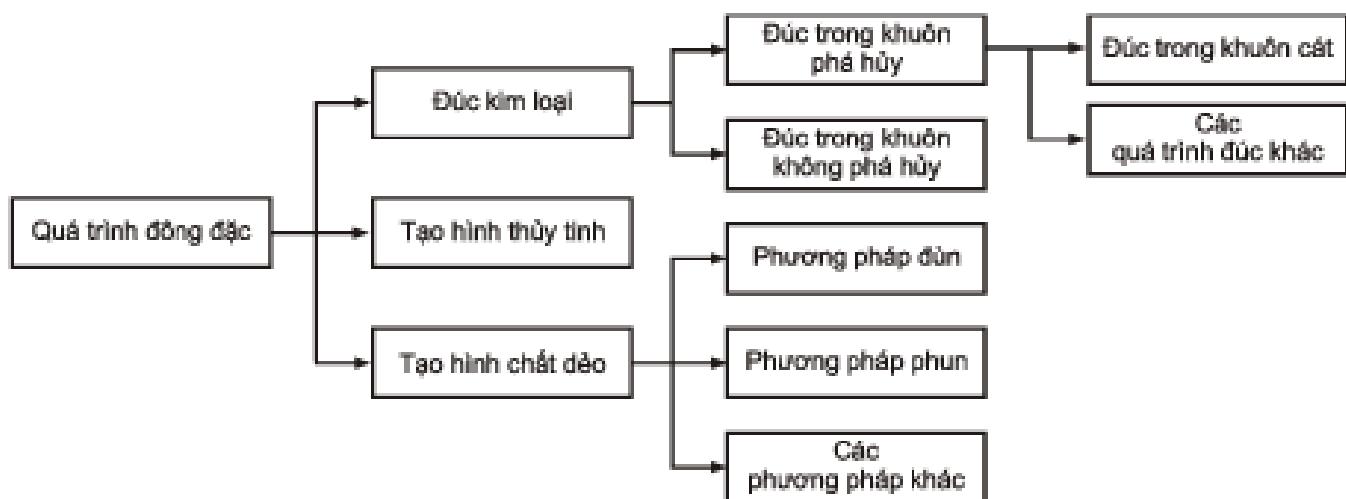
### Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Doãn Sơn, Kỹ thuật chế tạo, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP HCM, 2012.
- [2] Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, John Wiley & Sons, Inc., fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Serope Kapakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, Sixth Edition in SI Units, Prentice Hall.

## Chương 2

# CÁC QUÁ TRÌNH ĐÔNG ĐẶC

Nội dung chương này sẽ đề cập đến các quá trình sản xuất mà khởi đầu vật liệu ở trạng thái lỏng hoặc dẻo và sau đó chi tiết được tạo hình thông qua quá trình đông đặc vật liệu. Hình 2.1 Sơ đồ phân loại các quá trình tạo hình bằng đông đặc dựa trên loại vật liệu.



*Hình 2.1 Phân loại các quá trình đông đặc*

## 2.1 PHƯƠNG PHÁP ĐÚC KIM LOẠI

### 2.1.1 Khái niệm

Đúc kim loại là phương pháp rất phổ biến và lâu đời, cũng là một trong các phương pháp linh hoạt nhất của quá trình sản xuất.

Một số khả năng và ưu điểm của phương pháp đúc kim loại:

- Có thể tạo ra các chi tiết có hình dáng hình học phức tạp, gồm cả bề mặt bên ngoài và bên trong.
- Một vài phương pháp đúc có khả năng tạo ra sản phẩm chính xác hoặc cận chính xác so với kích thước và hình dáng của chi tiết yêu cầu.
- Đúc có khả năng tạo ra các chi tiết rất lớn, trọng lượng hơn 100 tấn.
- Đúc có thể áp dụng tạo hình cho bất kỳ kim loại nào bằng cách nung nóng chảy kim loại.
- Một vài phương pháp đúc có thể phù hợp cho sản xuất hàng khối.

Tuy vậy, đúc cũng có vài nhược điểm như hạn chế về đặc tính cơ khí, vật liệu bị xóp, kém chính xác về kích thước và chất lượng bề mặt, nguy cơ về an toàn đối với người thao tác quá trình đúc và ảnh hưởng đến môi trường.

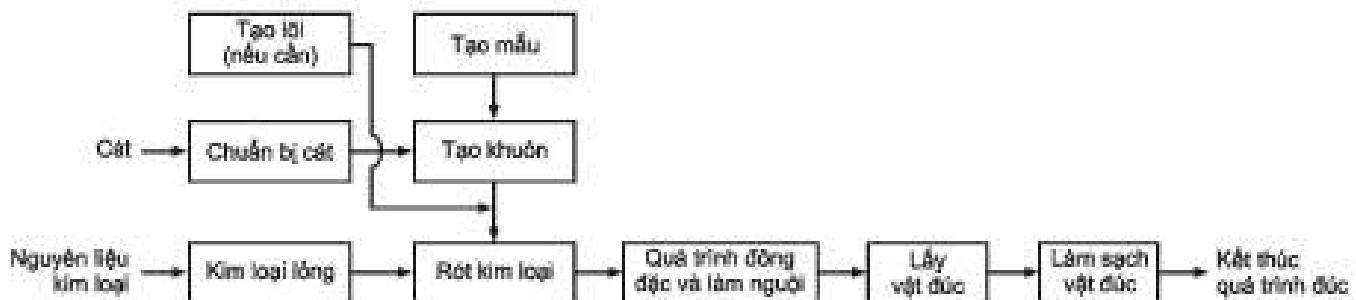
Dựa trên sự phân loại quá trình đúc kim loại theo cách thức làm khuôn ở Hình 2.1, có thể phân thành đúc kim loại trong khuôn phá hủy và trong khuôn không phá hủy. Trong đó, đúc kim loại trong khuôn cát, hay gọi tắt là đúc khuôn cát, là phương pháp đúc trong khuôn phá hủy phổ biến nhất được sử dụng rộng rãi trong thực tế.

### 2.1.2 Các phương pháp đúc trong khuôn phá hủy

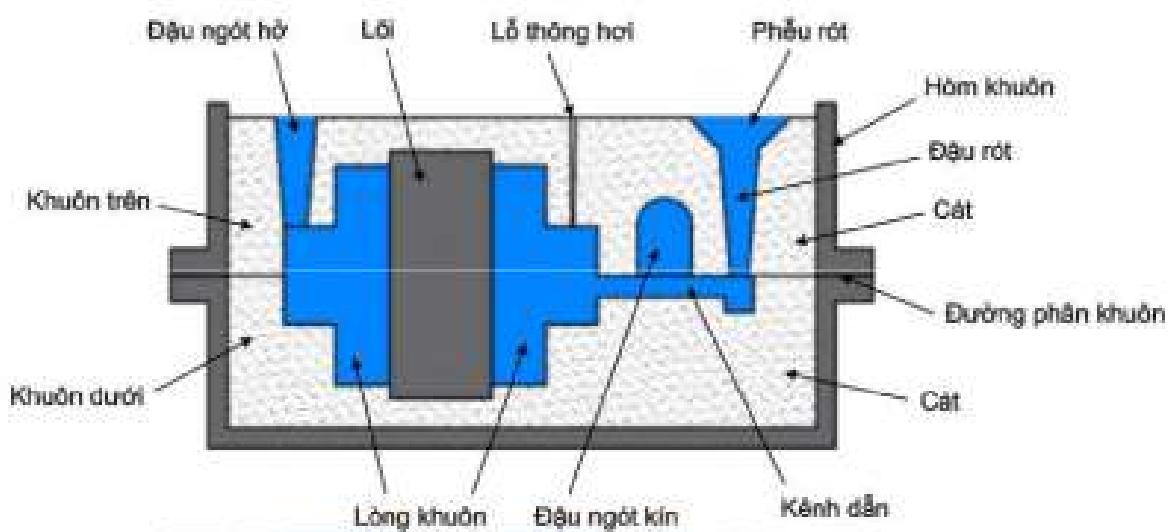
Đúc khuôn cát là phương pháp đúc trong khuôn phá hủy phổ biến, bên cạnh đó còn có những phương pháp đúc khác được phát triển để giải quyết các yêu cầu đặc biệt của chi tiết. Các phương pháp này được phát triển dựa trên các cơ sở như vật liệu làm khuôn, cách thức tạo khuôn, cách thức tạo vật mẫu.

#### 2.1.2.1 Đúc khuôn cát (Sand Casting)

Trình tự các bước diễn ra trong quá trình đúc khuôn cát thể hiện ở Hình 2.2.



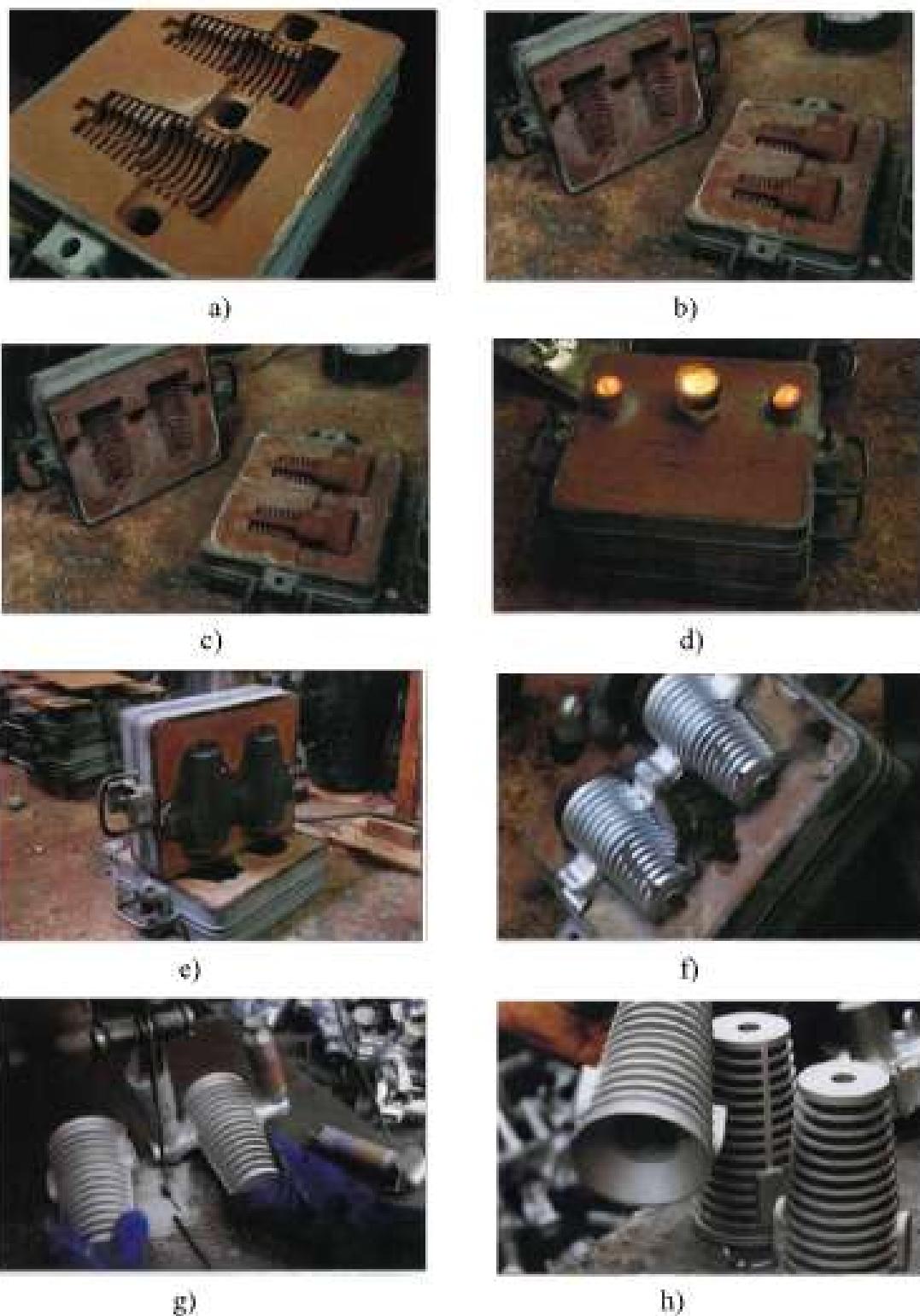
Hình 2.2 Quá trình đúc trong khuôn cát



Hình 2.3 Khuôn cát

Cấu tạo khuôn cát đúc kim loại như Hình 2.3. Kim loại trước hết được nung ở nhiệt độ cao đủ để làm nóng chảy hoàn toàn và chuyển sang trạng thái lỏng. Sau đó kim loại lỏng được rót vào lòng khuôn thông qua hệ thống phễu rót, đầu rót và các kênh dẫn cho

đến khi điện đầy ở phần đậu ngót hờ. Kim loại sau khi đi vào lồng khuôn sẽ nhanh chóng bị làm nguội. Nhiệt độ khối kim loại lồng giảm, quá trình đông đặc bắt đầu diễn ra, đây là quá trình chuyển biến từ pha lỏng sang pha rắn của kim loại. Trong suốt quá trình đông đặc diễn ra, hình dáng của chi tiết (theo hình dáng lồng khuôn) và các tính chất khác của vật đúc được hình thành. Khi đã đông đặc hoàn toàn, ta phá bỏ khuôn cát và lấy sản phẩm ra ngoài. Chi tiết đúc tiếp sẽ được làm sạch bề mặt và bavia, cắt đứt các đậu rót, đậu ngót và được xử lý nhiệt (nếu cần) để nâng cao cơ tính của vật đúc.



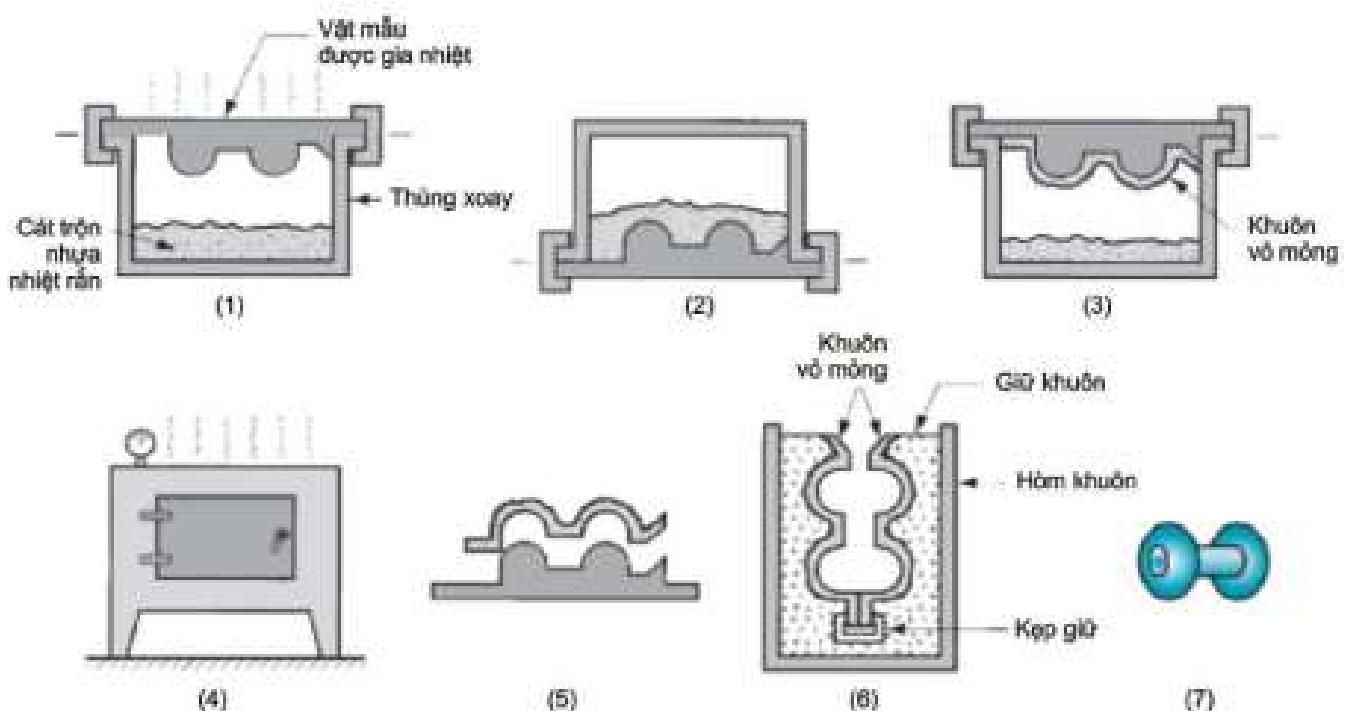
**Hình 2.4** Các sản phẩm được hình thành từ quá trình đúc

### 2.1.2.2 Đúc trong khuôn vỏ mỏng (Shell Molding)

Đúc khuôn vỏ mỏng do người Đức phát minh vào đầu thập niên 1940. Đây là quá trình đúc với khuôn có kết cấu thành mỏng (khoảng 9 mm) được tạo ra bởi cát trộn với nhựa nhiệt rắn. Hình 2.5 thể hiện một bộ khuôn vỏ mỏng. Mô tả quá trình đúc khuôn vỏ mỏng thể hiện ở Hình 2.6.



Hình 2.5 Ví dụ bộ khuôn vỏ mỏng



Hình 2.6 Quá trình đúc khuôn vỏ mỏng

- (1) Cát và nhựa nhiệt rắn được trộn theo tỉ lệ thích hợp và chira trong thùng quay, nắp thùng đóng vai trò một nửa của vật mẫu và được gia nhiệt đến nhiệt độ làm chảy nhựa nhiệt rắn.
- (2) Xoay úp ngược thùng để vật liệu rơi xuống và tiếp xúc lên bề mặt vật mẫu. Dưới tác dụng của nhiệt độ, nhựa nhiệt rắn sẽ chảy và bao phủ lên vật mẫu hình thành nên lớp vỏ mỏng. Độ dày lớp vỏ này phụ thuộc vào thời gian lưu giữ thùng ở trạng thái úp ngược này.
- (3) Xoay ngược thùng trở về trạng thái ban đầu. Phần vật liệu chưa bị chảy bám lên vật mẫu sẽ rơi xuống dưới.

- (4) Nung khuôn vỏ mỏng trong lò để lưu hóa hoàn toàn.
- (5) Lấy khuôn vỏ mỏng ra khỏi vật mẫu (nắp thùng)
- (6) Ghép hai nửa khuôn vỏ mỏng tạo thành lòng khuôn. Định vị và giữ cho vỏ mỏng trong hòm khuôn (bằng cát hoặc bi kim loại) ở vị trí sẵn sàng rót kim loại lòng. Sau đó tiến hành rót kim loại lòng vào lòng khuôn. Chờ cho kết thúc quá trình đúc đặc.
- (7) Phá bỏ khuôn vỏ mỏng và thu được chi tiết đúc.

Ưu điểm:

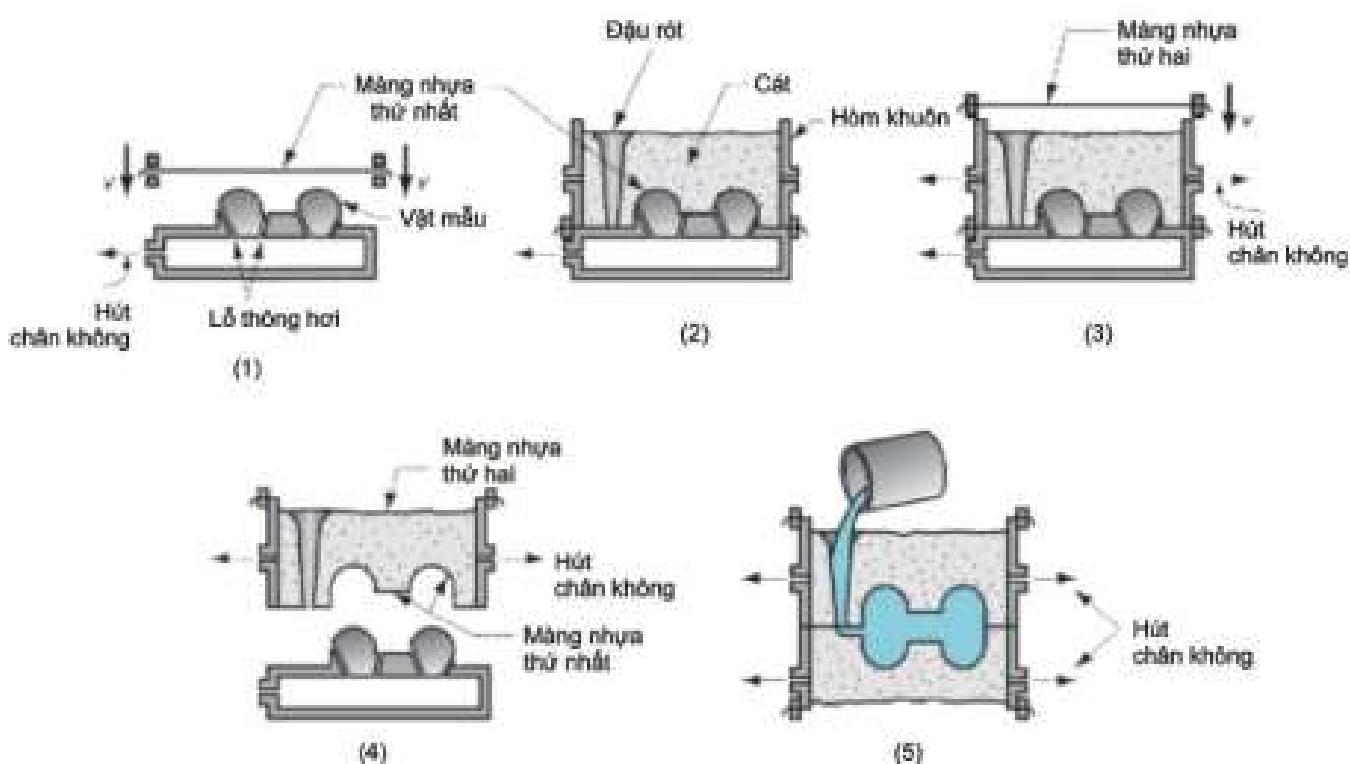
- Bề mặt chi tiết có độ nhám thấp hơn so với đúc khuôn cát, có thể đạt đến  $R_a = 2,5 \mu\text{m}$ .
- Độ chính xác kích thước cao, dung sai  $\pm 0,25\text{mm}$ .
- Hạn chế được một số khuyết tật như nứt, rạn khi đúc.

Nhược điểm:

- Chi phí tạo vật mẫu đắt hơn so với đúc khuôn cát.
- Khó đảm bảo độ đồng đều khi đúc các vật nhỏ.
- Chỉ phù hợp cho sản xuất hàng khối, sản lượng lớn.

### 2.1.2.3 Đúc khuôn chân không (Vacuum Molding)

Đúc khuôn chân không được phát triển bởi người Nhật vào những năm 1970. Thuật ngữ “chân không” ở đây liên quan đến quá trình làm khuôn cát. Quá trình tạo khuôn chân không được mô tả như Hình 2.7.



Hình 2.7 Quá trình đúc khuôn chân không

- (1) Màng nhựa thứ nhất được gia nhiệt và phủ lên bề mặt vật mẫu bằng phương pháp hút chân không thông qua các lỗ thông hơi.
- (2) Lắp hòm khuôn trên lén, sau đó tạo phần nứa khuôn trên bằng cát kết hợp với đậu rót.
- (3) Màng nhựa thứ hai được phủ chặt lên mặt trên của nứa khuôn trên bằng phương pháp hút chân không. Cũng nhờ lực hút chân không này, cát ở trong khuôn được chèn chặt lại với nhau.
- (4) Dùng hút chân không và lấy vật mẫu ra khỏi khuôn cát. Làm tương tự ta được nứa khuôn cát còn lại.
- (5) Kết hợp hai nứa khuôn cát ta có bộ khuôn hoàn chỉnh được tạo hình bằng phương pháp hút chân không, sau đó tiến hành rót kim loại vào khuôn thông qua đậu rót. Trong quá trình rót, màng nhựa sẽ bị cháy nhanh chóng khi tiếp xúc với kim loại nóng. Sau khi đông đặc, ta tiến hành phá khuôn cát và lấy vật đúc ra ngoài. Cát có thể tái sử dụng cho các lần sau.

Ưu điểm:

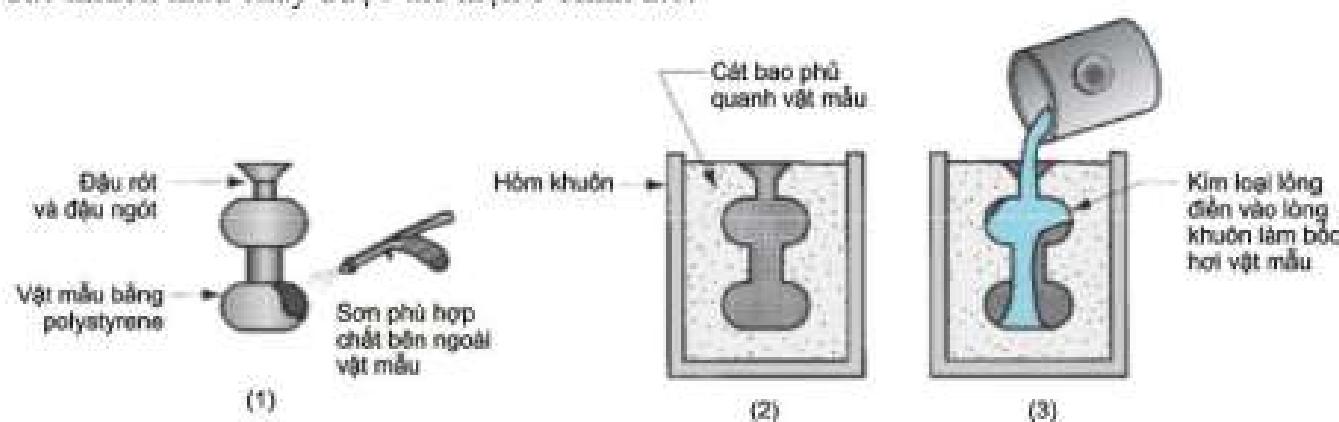
- Có thể tái sử dụng cát nhiều lần.
- Cát không cần xử lý cơ học khi dùng với chất định kết.
- Không trộn nước với cát tạo độ ẩm nên hạn chế được các khuyết tật vật đúc do độ ẩm gây ra.

Nhược điểm:

- Năng suất thấp.
- Không phù hợp cho cơ khí hóa quá trình đúc.

#### 2.1.2.4 Đúc khuôn mẫu cháy (Lost-foam Casting)

Dây là quá trình tạo khuôn cát bao quanh vật mẫu làm bằng polystyrene, là chất dễ bốc hơi khi tiếp xúc với kim loại nóng chảy. Vật mẫu được hiểu là toàn bộ khối polystyrene bao gồm đậu rót, đậu ngót, hệ thống kênh dẫn, lòng khuôn và cá lõi khuôn (nếu có). Đúc bằng phương pháp mẫu cháy không tồn tại khái niệm các nứa khuôn cũng như đường phân khuôn vì không tách khuôn thành khuôn trên và khuôn dưới. Quá trình đúc khuôn mẫu cháy được thể hiện ở Hình 2.8.



**Hình 2.8 Quá trình đúc khuôn mẫu cháy**

- (1) Vật mẫu bằng polystyrene được sơn phủ lớp vật liệu chịu nhiệt bên ngoài.
- (2) Đặt vật mẫu vào hòm khuôn và đầm cát xung quanh để cố định vật mẫu.
- (3) Rót kim loại lỏng vào lòng khuôn tại vị trí đậu rót. Kim loại lỏng di chuyển vào lòng khuôn làm bốc hơi vật mẫu.

Ưu điểm:

- Ưu điểm lớn nhất của phương pháp này chính là không cần lấy vật mẫu ra khỏi khuôn.
- Quá trình làm khuôn đơn giản, chỉ duy nhất một hòm khuôn. Không có khái niệm các nửa khuôn và mặt phẳng khuôn.
- Khả năng tự động hóa cao. Ví dụ Hình 2.9, Dúc thân động cơ bằng phương pháp mẫu chảy.



*Hình 2.9 Dúc thân động cơ bằng phương pháp mẫu chảy*

Nhược điểm:

- Vật mẫu bị phá hủy mỗi lần đúc nên cần làm lại vật mẫu.
- Tính kinh tế quá trình đúc phụ thuộc nhiều vào chi phí tạo vật mẫu.

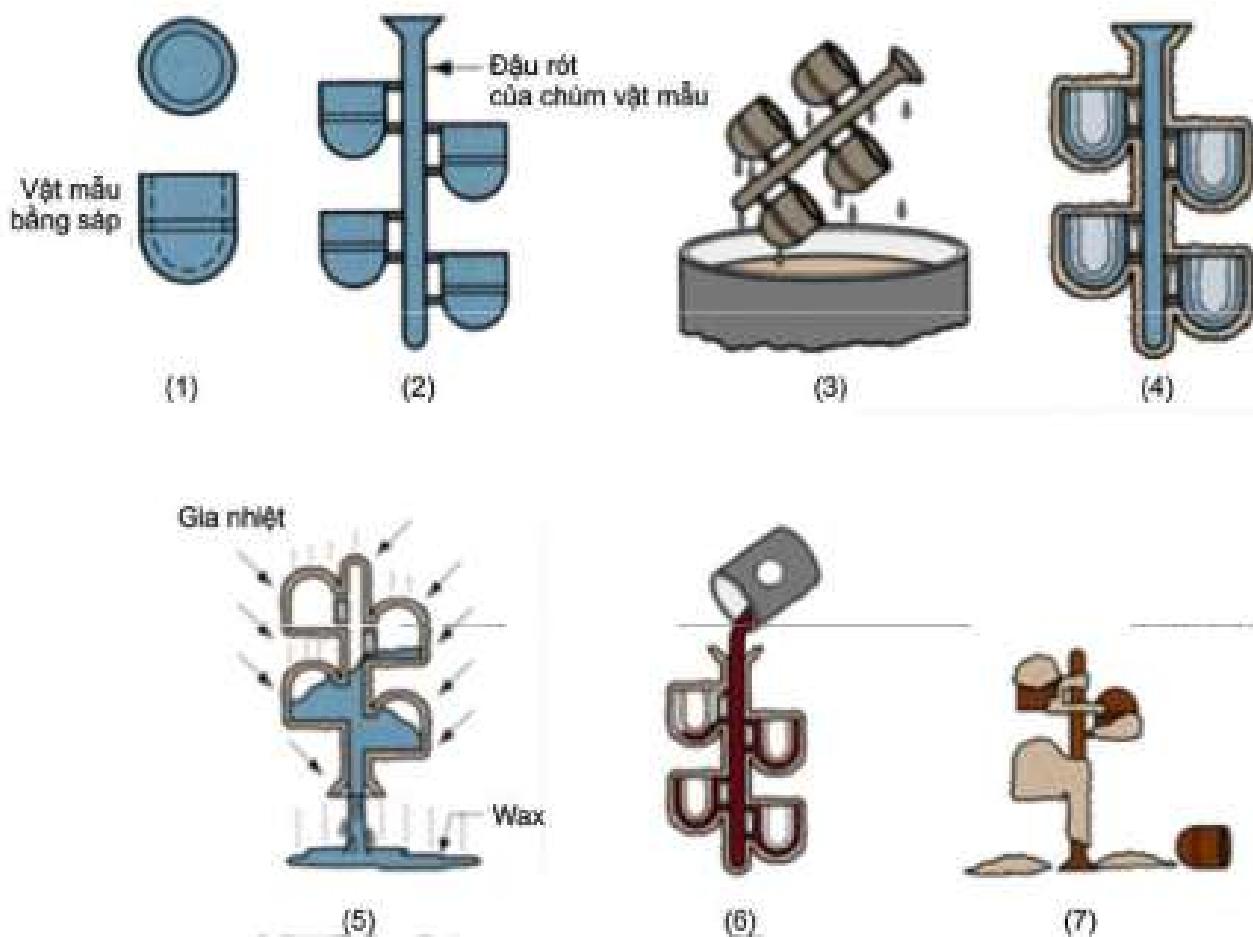
### 2.1.2.5 Dúc khuôn mẫu chảy (Investment Casting)

Dúc khuôn mẫu chảy thì vật mẫu được làm bằng sáp và được phủ bởi lớp vật liệu chịu nhiệt mỏng bên ngoài có vai trò như vỏ khuôn. Sau đó, mẫu sáp bị nung nóng chảy và lấy ra ngoài, tạo thành lòng khuôn để rót kim loại lỏng vào bên trong. Đây là quá trình đúc chính xác vì có khả năng tạo ra sản phẩm có độ chính xác cao và kết cấu phức tạp như Hình 2.10.



*Hình 2.10 Một số sản phẩm chính xác làm bằng phương pháp đúc khuôn mẫu chảy*

Quá trình đúc mẫu chảy thể hiện như Hình 2.11.



*Hình 2.11 Quá trình đúc mẫu chảy*

- (1) Tạo các mẫu sáp.
- (2) Định các mẫu sáp thành chùm vật mẫu bao gồm cả bộ phận đáy rót.
- (3) Chùm vật mẫu được phủ nhiều lớp vật liệu chịu nhiệt bên ngoài.
- (4) Bộ khuôn đúc mẫu chảy hoàn chỉnh làm từ lớp vật liệu chịu nhiệt phủ bên ngoài chùm vật mẫu bằng sáp.
- (5) Quay ngược đầu bộ khuôn, gia nhiệt để các mẫu sáp nóng và chảy ra bên ngoài để lại phần lõng khuôn.
- (6) Khuôn được nung nóng ở nhiệt độ cao để đảm bảo khả năng chịu nhiệt của khuôn, đồng thời giúp giảm tổn thất nhiệt khi rót kim loại lỏng vào bên trong, làm tăng khả năng điện dày lõng khuôn.
- (7) Phá bỏ lớp vỏ khuôn, ta thu được chùm vật mẫu. Tiến hành cắt bỏ phần đáy rót và cắt rời từng vật đúc.

Ưu điểm:

- Có thể đúc được các chi tiết có hình dáng vô cùng phức tạp.
- Sản phẩm có độ chính xác kích thước cao và chất lượng bề mặt tốt.

- Vật liệu sáp của vật mẫu có thể tái sử dụng.
- Đây là phương pháp đúc chính xác, sản phẩm không cần gia công lại.

Nhược điểm:

- Phương pháp có nhiều bước cần thực hiện.
- Chi phí sản xuất cao.

#### **2.1.2.6 Đúc khuôn thạch cao và khuôn ceramic (Plaster Mold, Ceramic Mold Casting)**

Về cơ bản thì đúc khuôn thạch cao giống đúc khuôn cát. Tuy nhiên, vật liệu làm khuôn bằng thạch cao thay cho cát. Vật liệu làm mẫu thường bằng nhựa hoặc kim loại. Phương pháp này không sử dụng mẫu bằng gỗ vì điều kiện làm khuôn thường ẩm ướt do vật liệu thạch cao. Nhược điểm của phương pháp này chính là thời gian làm khuôn lâu, thường phải đợi khoảng 20 phút trước khi lấy mẫu ra. Sau đó, phải nung vài giờ để loại độ ẩm khỏi khuôn. Tuy vậy, ngay cả nung vài giờ cũng không chắc chắn loại bỏ hoàn toàn độ ẩm khỏi thạch cao. Độ ẩm này chính là nguyên nhân gây ra các khuyết tật vật đúc. Một nhược điểm khác đó là khả năng thoát khí kém. Ưu điểm của khuôn thạch cao là có thể tạo ra chi tiết có chất lượng bề mặt tốt, độ chính xác kích thước cao và có thể tạo ra chi tiết có tiết diện mỏng. Phương pháp này ứng dụng cho các hợp kim có nhiệt độ nóng chảy thấp như nhôm, mangan, đồng hợp kim.

Đúc khuôn ceramic tương tự như đúc khuôn thạch cao, ngoại trừ vật liệu làm khuôn bằng ceramic chịu nhiệt, điều này giúp khuôn ceramic làm việc được ở nhiệt độ cao hơn khuôn thạch cao. Có thể ứng dụng đúc các loại vật liệu như thép đúc, gang và các loại hợp kim nhiệt độ cao. Tạo thành chi tiết có độ chính xác kích thước cao và chất lượng bề mặt tốt.

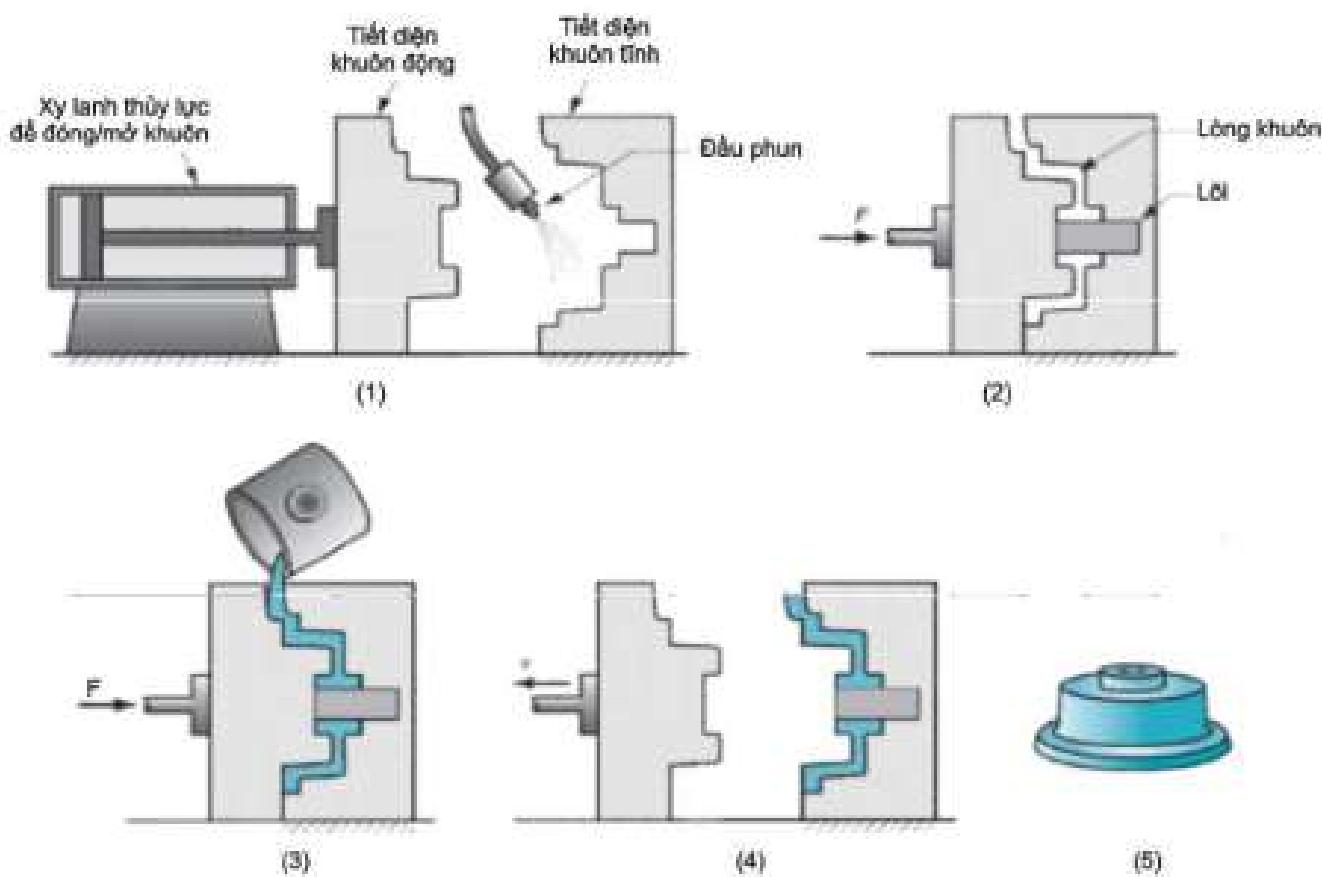
#### **2.1.3 Các phương pháp đúc trong khuôn không phá hủy**

Giới hạn lớn nhất của phương pháp đúc trong khuôn phá hủy chính là cần làm lại khuôn sau mỗi lần đúc. Khắc phục hạn chế này, đúc trong khuôn không phá hủy có thể tái sử dụng khuôn nhiều lần, điều này là giảm thời gian và chi phí làm khuôn. Phương pháp điển hình của loại khuôn này là đúc trong khuôn kim loại và đúc ly tâm.

Khuôn được làm bằng kim loại (thường là thép hoặc gang) bao gồm hai nửa khuôn cho phép đóng và mở khuôn dễ dàng, chính xác. Lòng khuôn, miệng khuôn, kênh dẫn được gia công ở hai nửa khuôn đạt độ chính xác cao và chất lượng bề mặt tốt. Phương pháp này áp dụng đúc các loại vật liệu như nhôm, ma-giê, hợp kim đồng, gang. Đúc gang yêu cầu nhiệt độ rót kim loại cao, khoảng  $1250\text{--}1500^{\circ}\text{C}$ . Khuôn thép không dùng được cho các loại vật liệu có nhiệt độ nóng chảy cao, trừ khi khuôn làm bằng vật liệu chịu nhiệt.

Lõi được dùng để tạo ra các bề mặt bên trong của chi tiết khi đúc, có thể làm bằng kim loại. Hình dạng lõi phải đảm bảo việc tách được dễ dàng. Trong trường hợp khó hoặc không thể tách lõi bằng kim loại, ta có thể thay thế lõi bằng cát.

Các bước cơ bản trong đúc khuôn không phá hủy được trình bày ở Hình 2.12.



**Hình 2.12 Quá trình đúc trong khuôn không phá hủy**

- (1) Gia nhiệt khuôn và phủ bì mặt lòng khuôn. Gia nhiệt giúp tăng khả năng di chuyển lòng khuôn. Phủ bì mặt lòng khuôn bằng lớp bôi trơn lên giúp dễ tách chi tiết sau khi đúc.
- (2) Lắp lõi (nếu dùng) và đóng khuôn.
- (3) Rót kim loại lỏng vào lòng khuôn.
- (4) Mở khuôn. Khác với đúc khuôn cát, vì khuôn kim loại không thể giãn nở, do đó cần mở khuôn trước khi làm nguội hoàn toàn để tránh bị nứt sản phẩm.
- (5) Chi tiết đúc.

Ưu điểm:

- Có thể tạo sản phẩm có bề mặt rất tốt, độ chính xác kích thước cao
- Quá trình đóng đặc diễn ra nhanh giúp cấu trúc hạt chi tiết tốt hơn, tạo ra chi tiết đúc bền hơn.

Nhược điểm:

- Chỉ áp dụng đúc các kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp.
- Chỉ áp dụng cho các chi tiết có hình dáng đơn giản (so với đúc khuôn cát) vì cần mở khuôn.
- Chi phí làm khuôn cao. Chỉ phù hợp cho sản xuất sản lượng lớn và có khả năng tự động hóa.

### 2.1.3.1 Đúc trong khuôn kim loại (Die Casting)

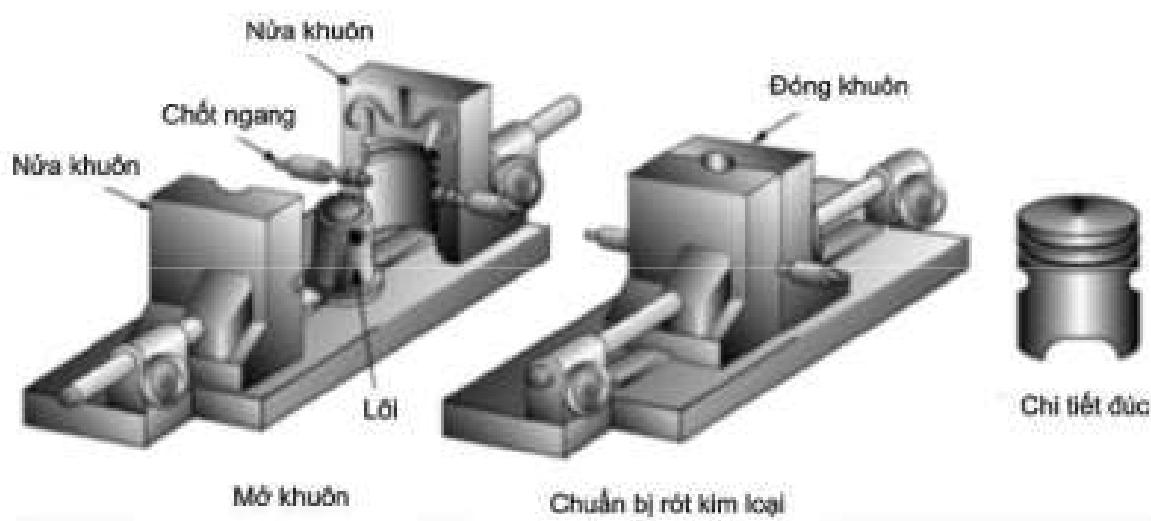
Đúc khuôn kim loại là phương pháp tạo hình chính xác cho chi tiết. Quá trình thực hiện với năng suất rất cao, bao gồm: đúc trọng lực (Hình 2.13), đúc áp lực cao (Hình 2.14), đúc áp lực thấp (Hình 2.15).

#### a) Đúc trọng lực (Gravity die casting)

Khuôn trước hết được gia nhiệt, sau đó, kim loại được rót vào lòng khuôn. Dưới tác dụng của trọng lực, khối kim loại lòng sẽ di chuyển đầy lòng khuôn. Sau đó quá trình đóng đặc diễn ra hình thành hình dạng của chi tiết theo kết cấu lòng khuôn. Cuối cùng là mở khuôn và lấy chi tiết.

Phương pháp này áp dụng đúc các loại vật liệu như kim loại màu (đồng, nhôm, magiê), đôi khi dùng cho sắt, chì, nikén, hợp kim kẽm. Cũng có thể dùng đúc thép cacbon, khi đó phải sử dụng khuôn bằng gang.

Đặc điểm chung, giảm chi phí dụng cụ và thiết bị do sử dụng trọng lực. Tuy nhiên, chỉ áp dụng cho chi tiết có chiều dài di chuyển ngắn vì dòng kim loại dễ bị tắt khi di chuyển dài gây khuyết tật di chuyển vật đúc.

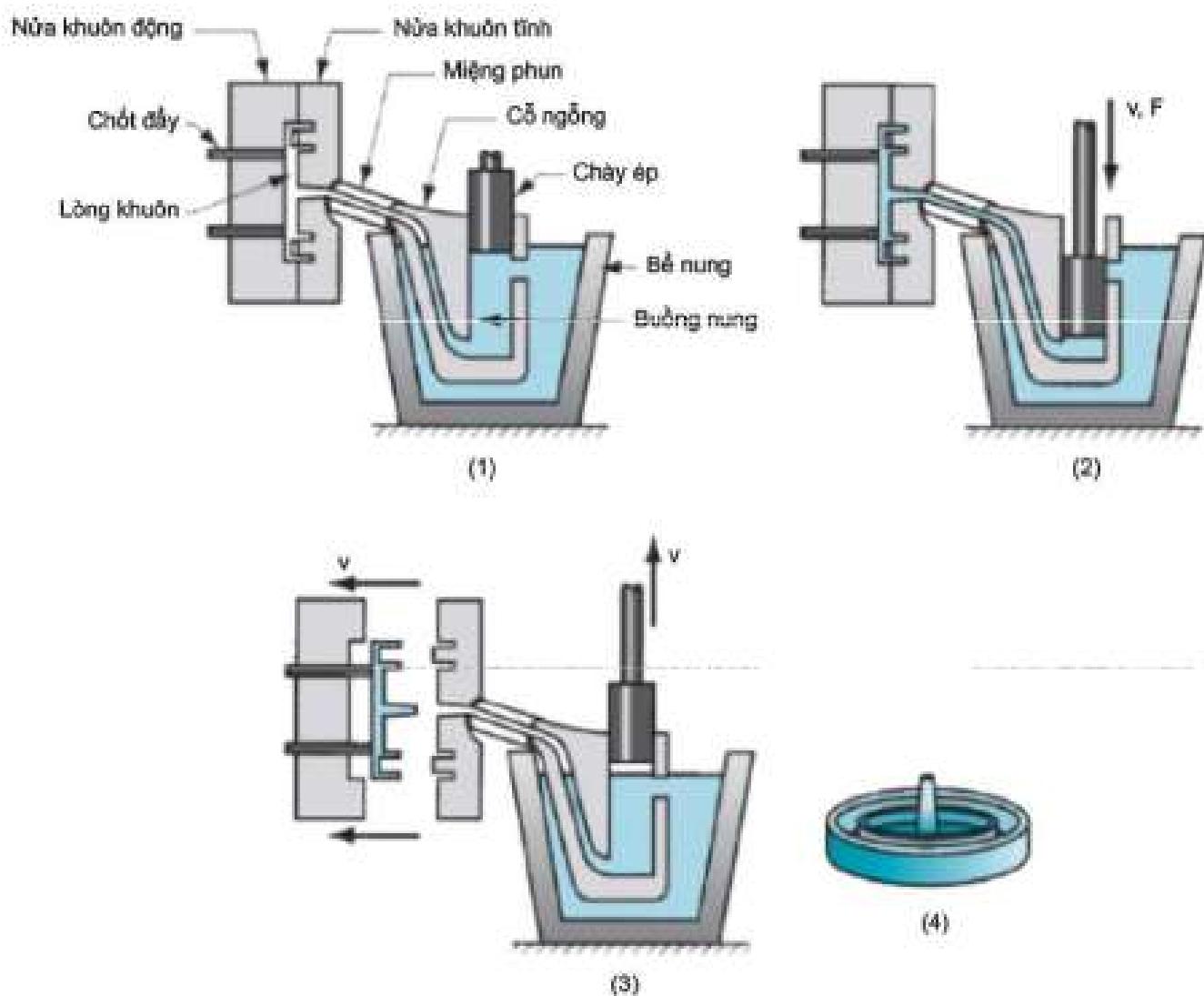


Hình 2.13 Quá trình đúc trọng lực

#### b) Đúc áp lực cao (High pressure die casting)

Đúc khuôn kim loại áp lực cao là phương pháp rất linh hoạt và nhanh nhất để tạo hình các chi tiết từ kim loại màu. Kim loại lỏng được đưa vào lòng khuôn với áp lực cao để di chuyển mọi vị trí trong khuôn hình thành sản phẩm. Phương pháp này phù hợp tạo ra các chi tiết nhỏ, tiết diện mỏng, cấu tạo phức tạp và có chất lượng bề mặt tốt. Chi phí dụng cụ và thiết bị đầu tiên nên chỉ phù hợp đối với sản xuất sản lượng lớn. Dựa cách thức trực tiếp đưa kim loại lỏng vào lòng khuôn, có thể chia thành hai quá trình: đúc khuôn kim loại áp lực cao buồng nóng và đúc khuôn kim loại áp lực cao buồng nguội.

Đúc khuôn kim loại áp lực cao buồng nóng, kim loại được nấu chảy trong lò nung đính liền với máy đúc, một piston được dùng để phun kim loại lỏng ở áp lực cao, từ 7 đến 35 Mpa, vào lòng khuôn. Hình 2.14 thể hiện quá trình đúc áp lực buồng nóng.

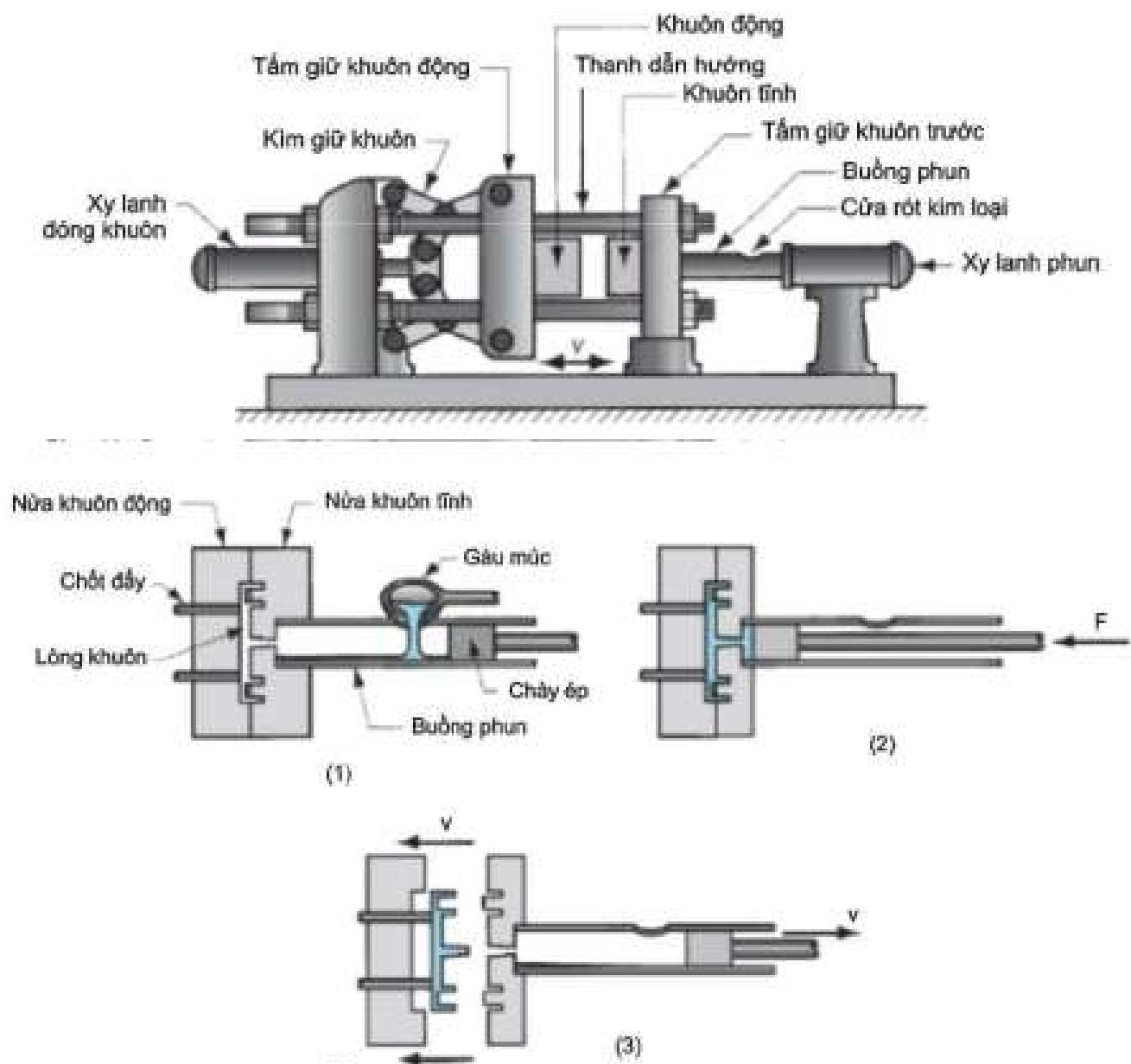


**Hình 2.14** Quá trình đúc áp lực cao buồng nóng

- (1) Đóng hai nửa khuôn và rút chày ép lên trên, kim loại lỏng sẽ chảy vào buồng nung.
- (2) Chày ép di xuống, ép khỏi kim loại lỏng vào lòng khuôn dưới áp lực cao, giữ nguyên vị trí chày trong suốt quá trình làm nguội và đông đặc.
- (3) Rút chày ép lên trên, mờ khuôn và đẩy sản phẩm đúc khỏi khuôn.
- (4) Chi tiết đúc hoàn chỉnh.

Điểm hạn chế, phương pháp này chỉ áp dụng cho các kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp như kẽm, thiếc, chì và ma-giê. Nguyên nhân do kim loại và tạp chất thường bám dính lên chày ép và các bộ phận cơ khí khác.

Đúc khuôn kim loại áp lực cao buồng nguội, kim loại được nấu chày ở lòng nung không dính liền với máy đúc, điều này đồng nghĩa buồng phun không bị gia nhiệt. Sau đó, kim loại lỏng được rót vào buồng phun, chèp ép sẽ đẩy kim loại đi vào điện đài lòng khuôn dưới áp lực cao, từ 14 đến 140 Mpa. Quá trình đúc được mô tả ở Hình 2.15.



Hình 2.15 Quá trình đúc áp lực cao buồng nguội

- (1) Đóng hai nửa khuôn và lùi chày ép, kim loại lỏng được rót vào buồng phun.
- (2) Chày ép kim loại lỏng vào lòng khuôn, giữ nguyên vị trí chày trong suốt quá trình làm nguội và đóng đặc.
- (3) Lùi chày ép, mở khuôn và đẩy sản phẩm ra ngoài.

Sо với phương pháp đúc áp lực buồng nóng, phương pháp này có năng suất thấp hơn vì tốn thời gian mực kim loại từ lò nung bên ngoài đổ vào buồng phun. Tuy vậy, đúc áp lực buồng nguội vẫn đạt năng suất rất cao, phù hợp cho sản xuất sản lượng lớn. Thông thường sẽ áp dụng cho các kim loại như nhôm đúc, đồng thau và hợp kim ma-giê. Kim loại có nhiệt độ nóng chảy thấp (kẽm, thiếc, chì) vẫn có thể dùng phương pháp này, tuy nhiên hiệu quả đạt được kém hơn so với đúc áp lực buồng nóng.

Đặc điểm chung, vật liệu làm khuôn kim loại thường bằng thép dụng cụ, thép khuôn hoặc thép martensic. Tungsten và molybdenum có khả năng chịu nhiệt cao phù hợp cho

làm khuôn đúc thép và gang. Khuôn có thể có một hoặc nhiều lỗ khuôn. Chốt dây sản phẩm giúp đẩy sản phẩm ra khỏi khuôn khi mở khuôn. Cần sử dụng chất bôi trơn để hạn chế chi tiết bị dính chặt vào bề mặt khuôn sau khi đông đặc.

**Ưu điểm:**

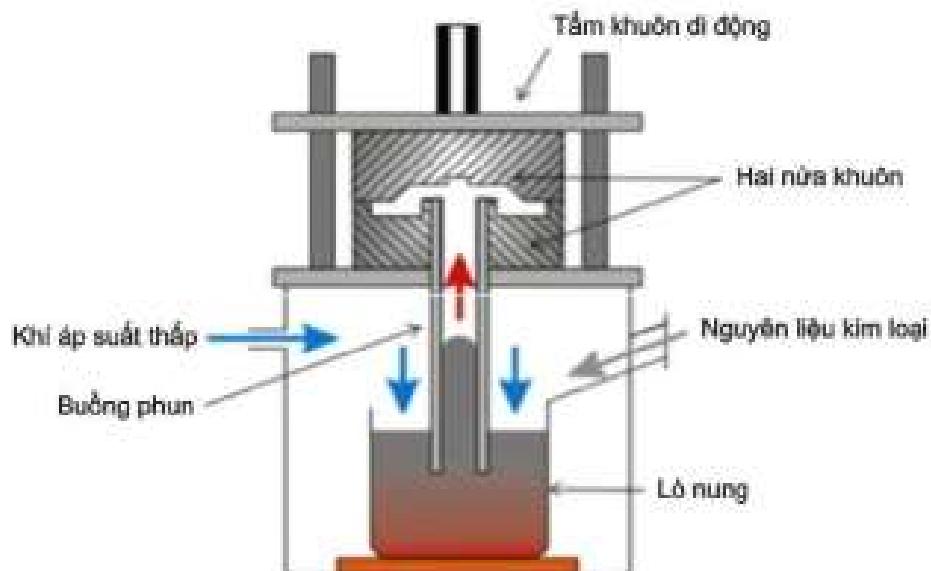
- Năng suất cao.
- Hiệu quả kinh tế cao khi áp dụng với sản xuất sản lượng lớn.
- Độ chính xác kích thước cao, dung sai đạt  $\pm 0,76$  mm đối với chi tiết nhỏ.
- Chất lượng bề mặt rất tốt
- Cho phép đúc sản phẩm có mặt cắt ngang mỏng, đạt đến 0,5 mm.
- Quá trình đông đặc diễn ra nhanh giúp cấu trúc hạt chi tiết tốt hơn, tạo ra chi tiết đúc bền hơn.

**Nhược điểm:**

- Chỉ áp dụng cho các chi tiết có hình dáng đơn giản, đảm bảo việc tách chi tiết khỏi khuôn.
- Chi phí làm khuôn cao.

### c) *Đúc áp lực thấp (Low pressure die casting)*

Đúc khuôn kim loại áp lực thấp sử dụng áp suất khí ở mức thấp để đẩy kim loại lỏng vào lỗ khuôn. Hình 2.16 mô tả quá trình đúc áp lực thấp. Trước tiên, kim loại được nấu chảy trong lò nung. Tiếp theo, hai nửa khuôn đóng lại, khi được bơm từ bên ngoài vào sẽ tác động lên mặt thoáng của lò nung tạo nên áp lực ép khỏi kim loại lỏng di chuyển lên trên điền vào lỗ khuôn. Trong quá trình đúc kim loại di chuyển ngược lên trên có xảy ra một ít hiện tượng cháy rói, do đó, chi tiết sau khi đúc đạt cơ tính tốt. Phương pháp này phù hợp để đúc các chi tiết dạng tròn xoay bằng vật liệu có nhiệt độ nóng chảy thấp. Ví dụ điển hình là đúc bánh xe bằng hợp kim nhôm.

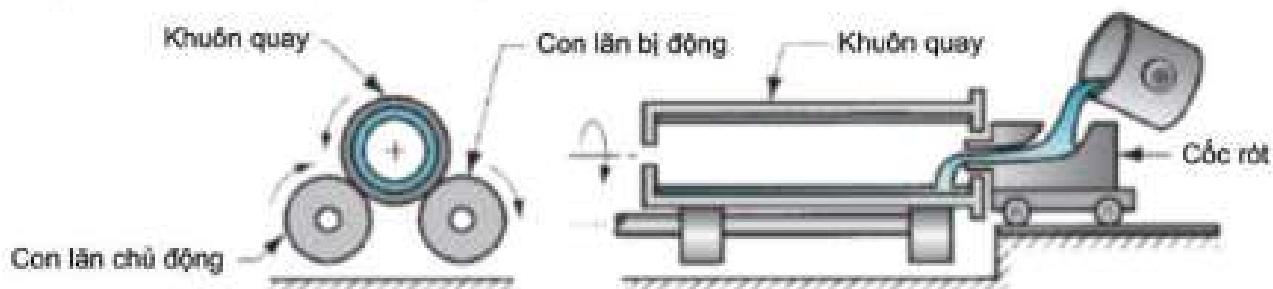


**Hình 2.16 Quá trình đúc áp lực thấp**

### 2.1.3.2 Đúc ly tâm (Centrifugal Casting)

Đúc ly tâm là phương pháp đúc có khuôn quay tròn ở tốc độ cao, dưới tác dụng của lực ly tâm, kim loại lỏng sẽ phân bố bám vào bề mặt của khuôn quay. Phương pháp này ứng dụng tạo ra các chi tiết dạng ống, tang trống và dạng vành khắn. Có hai loại khuôn quay phổ biến: khuôn quay ngang (Horizontal centrifugal casting) và khuôn quay đứng (Vertical centrifugal casting).

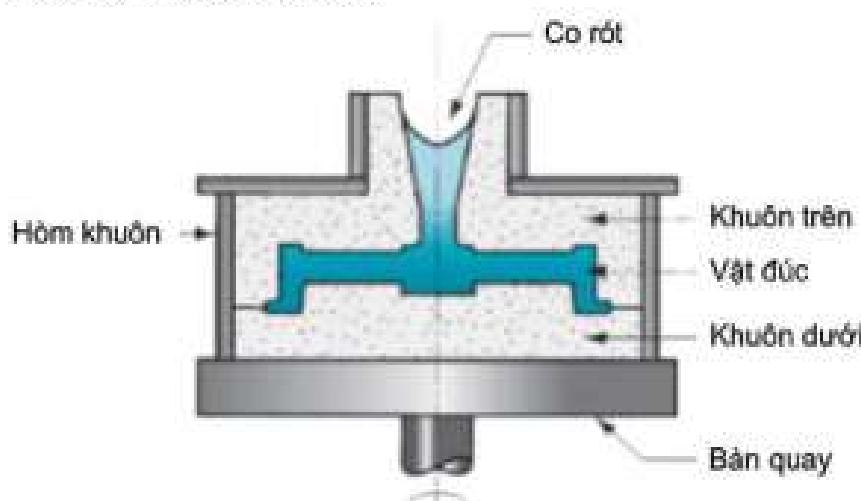
Đúc ly tâm khuôn quay ngang, khuôn có trục quay nằm ngang và kim loại lỏng được rót vào cốc rót đặt bên ngoài như Hình 2.17. Khuôn quay ở tốc độ cao làm ly tâm khỏi kim loại bám vào bề mặt khuôn và tạo hình theo biên dạng khuôn. Có thể tạo ra các chi tiết dạng tròn xoay, đa cạnh (lục giác, bát giác),... Tuy nhiên, biên dạng tròn đạt chất lượng cao nhất do lực ly tâm đồng đều.



Hình 2.17 Quá trình đúc ly tâm khuôn quay ngang

Đúc ly tâm khuôn quay đứng, khuôn có trục quay nằm thẳng đứng và kim loại lỏng được rót vào từ bên trên. Với kết cấu khuôn này, ngoài tác động lực ly tâm, trọng lực cũng ảnh hưởng đến khôi kim loại lỏng tạo nên sự sai biệt về chiều dày của chi tiết. Chiều dày vách ở phần đáy sẽ lớn hơn ở phần đỉnh chi tiết và mặt trong chi tiết có dạng parabolic.

Phương pháp đúc ly tâm tạo ra chi tiết có chất lượng bề mặt ngoài rất tốt, không bị co rút mặt ngoài. Kim loại kết tinh từ ngoài vào trong, nên lớp bề mặt ngoài có độ tinh khiết cao, loại bỏ được các rỗ khí và tạp chất chứa xi. Xi và tạp chất sẽ hình thành ở mặt trong của chi tiết và có thể dễ dàng loại bỏ bằng các phương pháp gia công sau đó.Thêm vào đó, cho phép đúc các chi tiết rỗng mà không cần dùng lõi, cho phép đúc sản phẩm có sự kết hợp từ vài loại kim loại khác nhau.

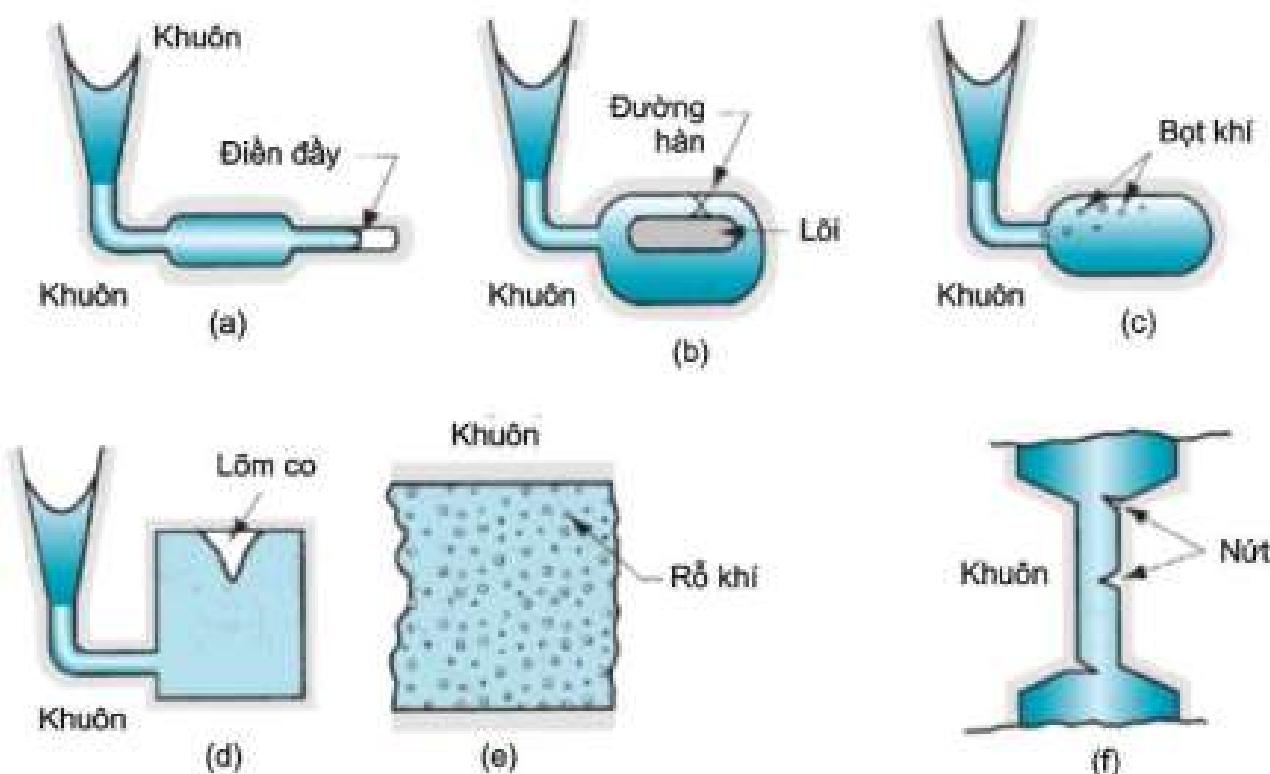


Hình 2.18 Quá trình đúc bàn ly tâm

Ngoài hai phương pháp đúc ly tâm nêu trên, còn có phương pháp đúc bán ly tâm (Semicentrifugal Casting) như Hình 2.18. Phương pháp này tạo ra các chi tiết khối đặc.

#### 2.1.4 Khuyết tật vật đúc

Các dạng khuyết tật phổ biến của vật đúc thể hiện ở Hình 2.19.



*Hình 2.19 Các dạng khuyết tật vật đúc*

- (a) **Khuyết tật điện dày (Misruns):** lỗi này xảy ra do kim loại bị đông đặc trước khi kịp điền đầy hết lòng khuôn. Nguyên nhân do: trạng thái lỏng chưa hoàn toàn, nhiệt độ rót kim loại quá thấp, rót quá lâu, tiết diện mặt cắt ngang lòng khuôn quá mỏng.
- (b) **Khuyết tật đường hàn (Cold Shuts):** dòng kim loại lỏng chia làm hai khi di chuyển, do mức độ传热 trên mỗi đường là khác nhau nên khi gặp nhau sẽ có sự chênh lệch nhiệt độ giữa 2 dòng kim loại, gây ra khuyết tật đường hàn.
- (c) **Khuyết tật bọt khí (Cold shots):** hình thành trong quá trình rót kim loại. Có thể khắc phục bằng biện pháp thiết kế đậu rót và cửa kêngh dẫn.
- (d) **Khuyết tật lõm cò (Shrinkage cavity):** do sự co rút không đồng đều giữa các vùng trong quá trình đông đặc. Có thể khắc phục bằng cách dùng các đậu ngót.
- (e) **Khuyết tật rỗ khí (Microporosity).**
- (f) **Khuyết tật nứt (Hot tearing):** xuất hiện do ứng suất nhiệt.

## 2.2 TẠO HÌNH NHỰA VÀ CHẤT DÈO

Nhựa có thể tạo hình thành nhiều dạng sản phẩm khác nhau đúc nhựa, dùn nhựa, sản phẩm dạng tấm mỏng, vỏ bọc dây điện,... Trong khoảng 50 năm trở lại đây, việc chế tạo các sản phẩm cùng loại từ nhựa nhanh hơn rất nhiều so với chế tạo bằng kim loại hoặc gốm sứ. Rất nhiều sản phẩm trước đây bằng kim loại này được thay bằng nhựa hoặc composite, ví dụ như vỏ tàu, các bộ phận trên xe ô tô, máy bay,... Có thể khẳng định rằng quá trình tạo hình chất dẻo có vai trò quan trọng trong đời sống con người.

- Khả năng tạo hình đa dạng.
- Nhiều chi tiết nhựa được tạo hình bởi khuôn đúc cho ra chính xác hình dạng, không cần gia công thêm sau đó.
- Các quá trình tạo hình thông thường yêu cầu gia nhiệt, tuy nhiên nhiệt độ này vẫn thấp hơn so với gia công kim loại, nên tiết kiệm được năng lượng.
- Do sử dụng nhiệt độ thấp nên việc kiểm soát quá trình tạo hình đơn giản hơn. Hầu hết quá trình sản xuất đều sử dụng nguyên công một-bước (ví dụ như khuôn đúc) nên áp dụng cho sản xuất sản lượng lớn các chi tiết nhựa thuận lợi hơn so với chi tiết bằng kim loại.
- Sản phẩm nhựa không cần sơn phủ sau khi chế tạo.

Phân loại vật liệu nhựa, có 2 loại: nhựa nhiệt dẻo và nhựa nhiệt rắn. Sự khác biệt giữa hai loại vật liệu này ở chỗ với nhựa nhiệt rắn sau khi gia nhiệt và tạo hình sẽ làm biến đổi hóa học, xuất hiện những liên kết ngang trong cấu trúc phân tử. Do đó một khi đã biến dạng thì không thể gia nhiệt làm nóng chảy vật liệu trở lại. Ngược với nhựa nhiệt rắn, nhựa nhiệt dẻo vẫn có thể biến dạng dẻo nếu bị gia nhiệt, cho dù đã được gia nhiệt và tạo hình trước đó. Trong số hai loại vật liệu trên, nhựa nhiệt dẻo có vai trò rất quan trọng trong thương mại sản xuất, chiếm trên 80% các chi tiết làm bằng nhựa.

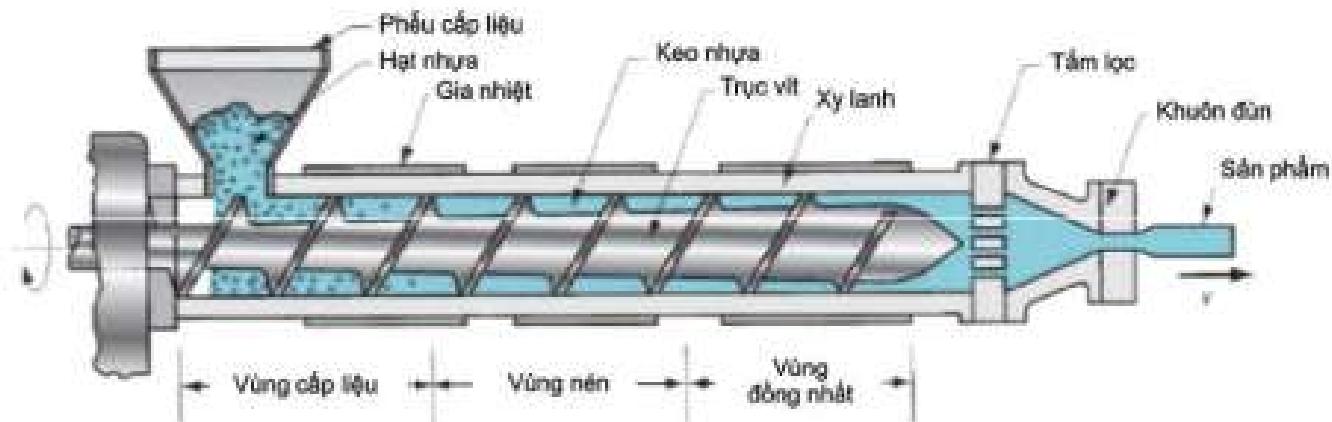
Dựa trên kết quả hình học của sản phẩm, quá trình tạo hình chất dẻo có thể phân thành 8 loại:

- (1) Dùn liên tục các sản phẩm có tiết diện ngang không đổi.
- (2) Tạo tấm mỏng và màng mỏng liên tục.
- (3) Sợi liên tục.
- (4) Đúc chi tiết đặc.
- (5) Đúc chi tiết rỗng, thành mỏng.
- (6) Tạo tấm mỏng và màng mỏng rời rạc.
- (7) Dúc.
- (8) Sản phẩm dạng bột.

### 2.2.1 Quá trình dùn (Extrusion)

Dùn là phương pháp tạo hình cơ bản cho các loại vật liệu như kim loại, gốm sứ và polymer. Đây là quá trình gia nhiệt nóng chảy sau đó nén dòng vật liệu (keo nhựa) dưới

áp lực cao, chảy qua một miệng khuôn tạo nên sản phẩm dài liên tục có tiết diện ngang được định hình bởi hình dạng của miệng khuôn. Hầu hết quá trình đùn đều áp dụng ở sản xuất hàng khối cho nhựa nhiệt dẻo và vật liệu đàn hồi (cao su), hiếm khi áp dụng cho nhựa nhiệt rắn. Một số sản phẩm điển hình như ống, vòi phun, sản phẩm dạng tấm và màng mỏng, vỏ bọc dây cáp. Sản phẩm có thể dài liên tục và được cuộn thành từng cuộn, hoặc cắt ngắn theo quy cách sau khi đùn.



**Hình 2.20 Cấu tạo trục vít đùn**

Thiết bị thường dùng là trục vít đùn (Hình 2.20). Nhựa cho vào phễu cấp liệu sẽ được trục vít vận chuyển lần lượt qua vùng cấp liệu, vùng nén và vùng đồng nhất. Vùng cấp liệu là không gian chứa hạt nhựa đi từ phễu cấp liệu đến vùng trước khi gia nhiệt. Vùng nén là vùng vật liệu bị chuyển hóa từ thể rắn sang lỏng, gọi là keo nhựa, loại bỏ các bọt khí và keo nhựa được nén chặt. Vùng đồng nhất là nơi keo nhựa được sẵn sàng đồng nhất về vật liệu, trạng thái pha và đủ áp để bơm vào khu vực đầu đùn, thoát khỏi khuôn đùn đi ra ngoài. Khi đến vùng đồng nhất, hạt nhựa từ trạng thái rắn đã chuyển đổi hoàn toàn sang trạng thái lỏng. Trong quá trình di chuyển, hạt nhựa sẽ được gia nhiệt thông qua các điện trở dọc theo thân trục vít. Trong một số trường hợp, quá trình vận chuyển, nén và trượt giữa những hạt nhựa sinh ra nhiệt dù làm chảy lỏng nhựa thì không cần dùng đến các điện trở.

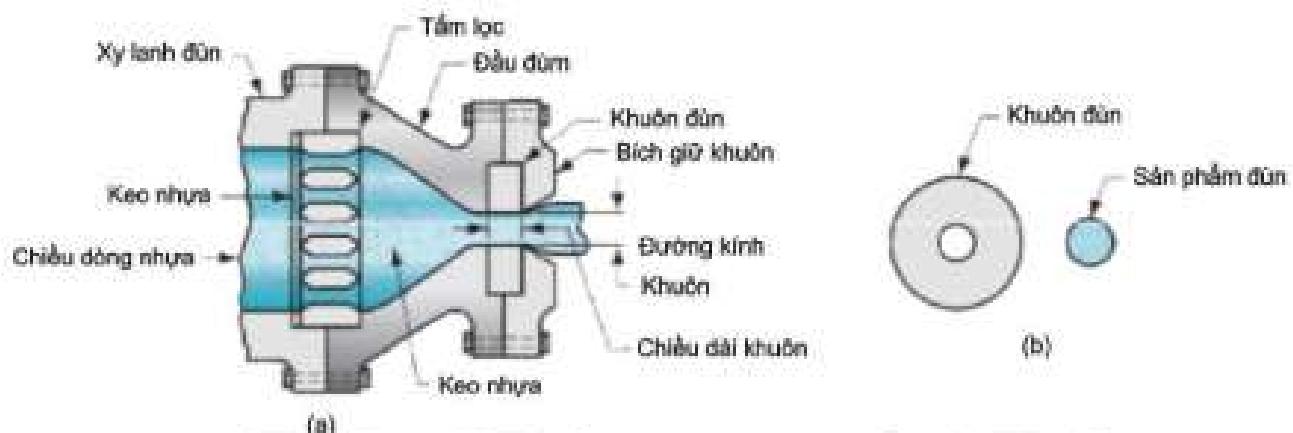
Phần cuối xy lanh là đầu đùn có gắn một tâm lọc, cấu tạo gồm nhiều lỗ nhỏ dọc theo chiều trục vít. Mục đích chính là:

- (1) Lọc các hạt rắn chưa nóng chảy hoàn toàn,
- (2) Tạo sự tăng áp ở vùng đồng nhất,
- (3) Nắn thẳng dòng chảy, phá hiện tượng chảy rối xoáy của dòng keo trước đó.

Đầu đùn được lắp vào phần cuối của trục vít đùn, nó đóng vai trò quan trọng đến chất lượng sản phẩm, nó định hướng cho dòng chảy để chi tiết sau khi đùn không bị vặn, xoắn, cong vênh. Sau phần đầu đùn là khuôn đùn. Khuôn đùn không thật sự là một bộ phận của trục vít đùn. Nó là bộ phận đặc biệt được chế tạo riêng, có tiết diện lỗ như tiết diện ngang của vật cần đùn. Khi cần thay đổi kiểu dáng khác ta chỉ việc thay đổi phần khuôn đùn này.

### 2.2.1.1 *Dùn chi tiết diện đặc (Solid Profiles Extrusion)*

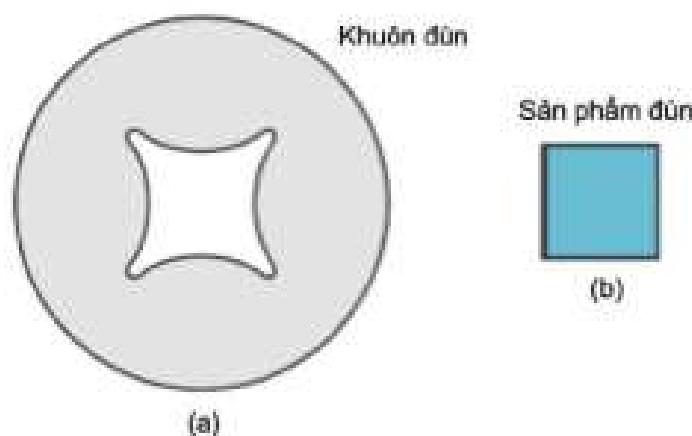
Sản phẩm dùn có chi tiết diện đặc, dạng tròn, vuông, đa cạnh tùy theo chi tiết diện của khuôn dùn. Hình 2.21 thể hiện kết cấu cụm đầu dùn với chi tiết có chi tiết diện tròn, đặc.



*Hình 2.21 Cụm đầu dùn cho chi tiết dạng tròn, đặc*

Dòng keo nhựa di chuyển qua tấm lọc tạo thành các dòng chảy thẳng, đi vào khu vực đầu dùn và sau đó đi ra khỏi khuôn dùn. Vật liệu khi rời khuôn vẫn còn ở trạng thái mềm. Các polymer có độ nhớt cao rất phù hợp cho phương pháp dùn, vì giữ nguyên được hình dáng trong quá trình làm nguội. Việc làm nguội thực hiện bằng thổi khí, phun sương, hoặc cho chi tiết đi qua bể chứa nước.

Khi dùn các chi tiết có chi tiết diện khác hình tròn, cần tính toán phù hợp độ giãn nở của vật liệu sau khi thoát khỏi khuôn dùn. Ví dụ Hình 2.22 thể hiện khuôn dùn (a) của chi tiết dùn có chi tiết diện hình vuông (b). Hình dáng khuôn dùn phụ thuộc nhiều vào vật liệu nhựa và được quyết định bởi thực nghiệm và kinh nghiệm của người thiết kế khuôn.

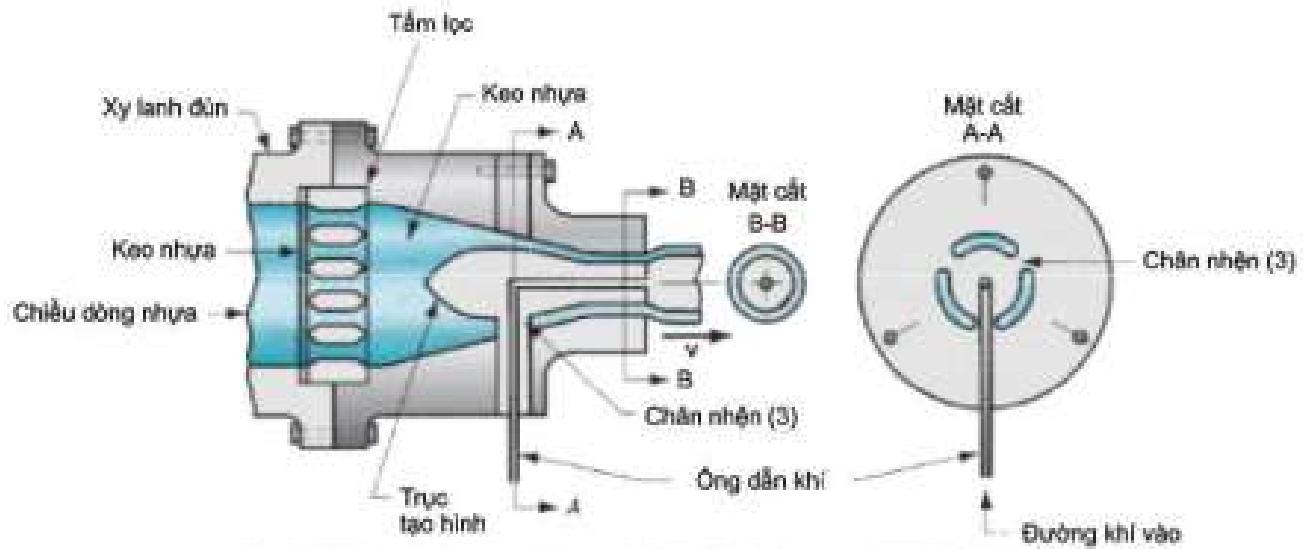


*Hình 2.22 Khuôn dùn chi tiết có chi tiết diện vuông*

### 2.2.1.2 *Dùn chi tiết diện rỗng (Hollow Profiles Extrusion)*

Sản phẩm dùn có chi tiết diện rỗng như ống, vòi phun hoặc các dạng khác có chi tiết diện dạng lỗ. Để tạo hình cần sử dụng khuôn dùn thêm trực tạo hình đặt ghép trong lòng khuôn, kết hợp với thổi khí làm nguội mặt trong sản phẩm để giữ được hình dáng thiết kế. Kết cấu trực tạo hình và phương án cố định được thể hiện ở Hình 2.23 bằng cách sử dụng

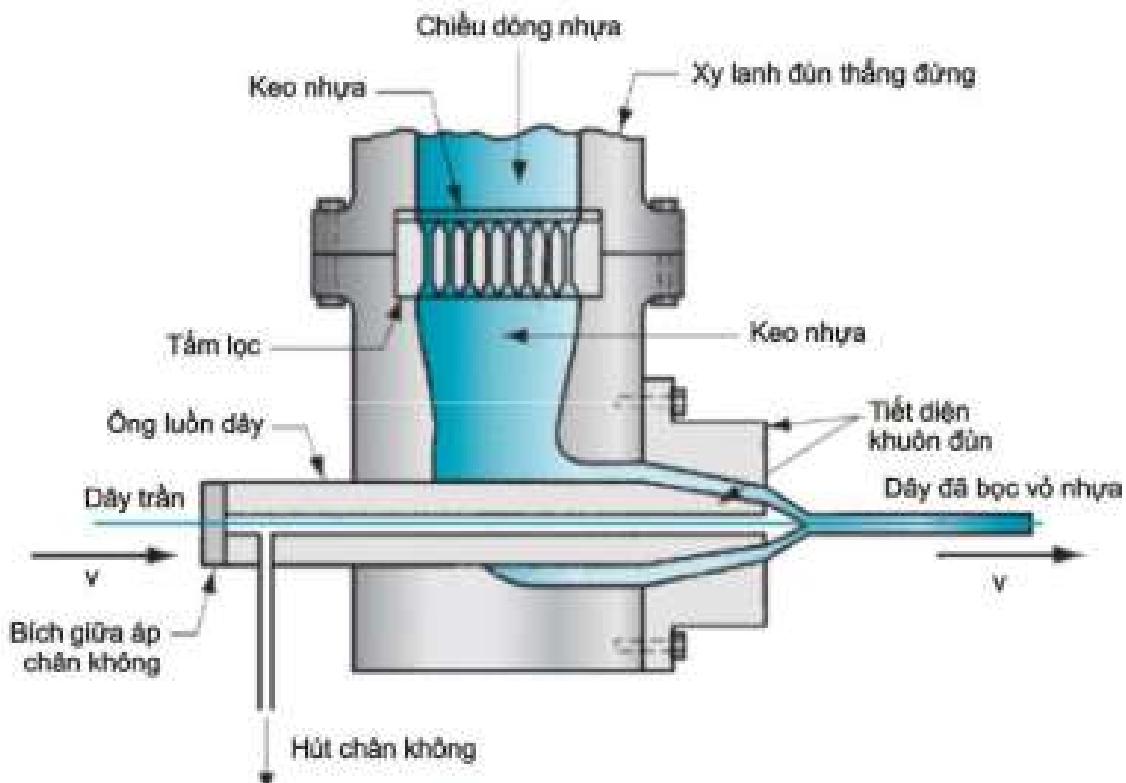
kết cấu chân nhện 3 chấu. Sản phẩm rời khuôn được làm nguội bằng các mảng nước hoặc kéo đi qua bể nước.



Hình 2.23 Cụm đầu đùn cho chi tiết dạng rỗng

### 2.2.1.3 Bọc vỏ nhựa dây cáp (Wire and Cable Coating)

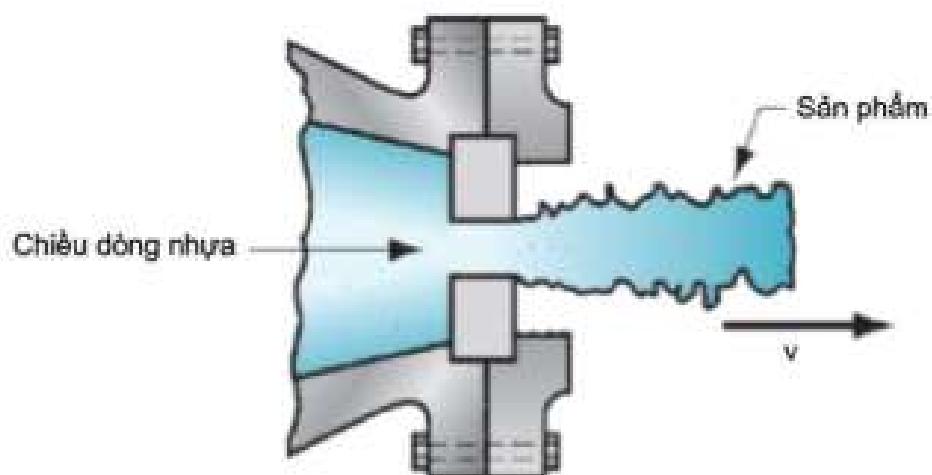
Bọc vỏ nhựa cho dây điện là một trong các ứng dụng phổ biến đối với phương pháp đùn. Hình 2.24 thể hiện kết cấu đầu đùn dùng trong bọc vỏ dây điện. Đầu đùn đặt ở vị trí thẳng đứng, dây điện trần được kéo đi qua khuôn đùn ở tốc độ cao. Áp chấn không giúp tăng khả năng phủ bám của lớp vỏ nhựa lên bề mặt dây. Dây sau khi phủ sẽ đi qua mảng chứa nước để làm nguội.



Hình 2.24 Cụm đầu đùn bọc dây điện

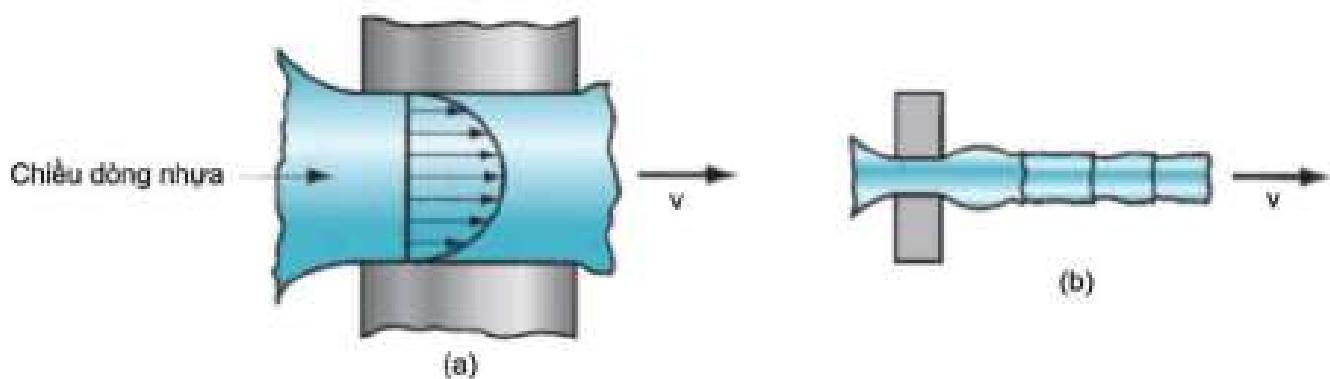
### 2.2.1.4 Khuyết tật khi đùn

**Khuyết tật đứt gãy (Melt fracture):** vật liệu thoát ra khỏi khuôn đùn nhưng vẫn chưa ứng suất quá cao gây ra khuyết tật đứt gãy (Hình 2.25). Nguyên nhân do dòng chảy ở vùng đầu đùn là chảy rối. Khắc phục hiện tượng này cần tạo dòng chảy thẳng, chảy tầng ở khu vực đầu đùn trước khi đi vào khuôn.



Hình 2.25 Khuyết tật đứt gãy

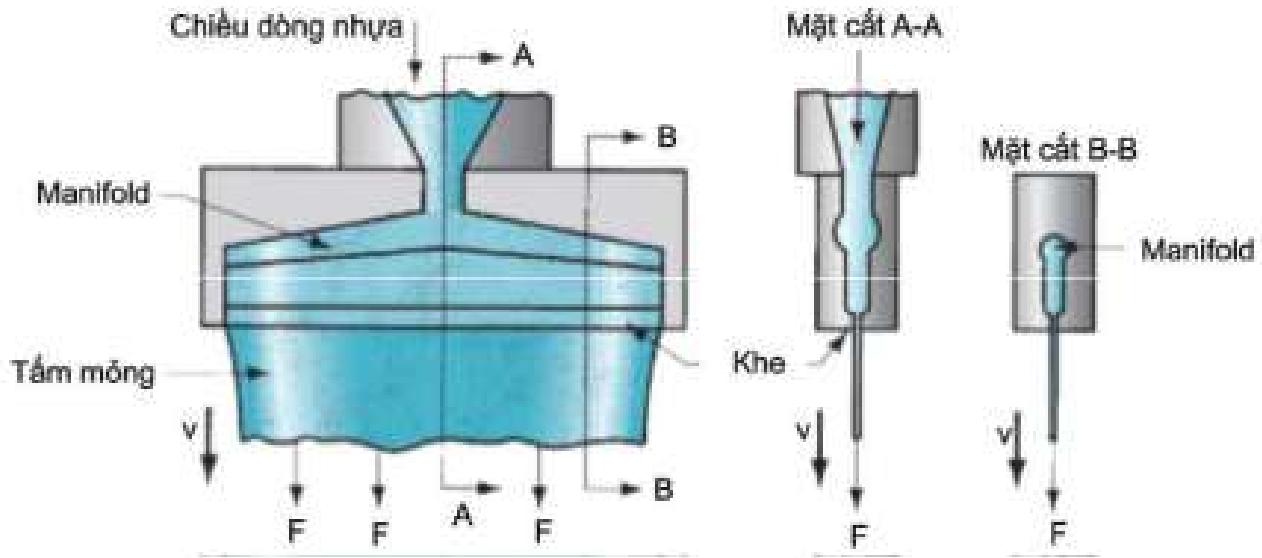
**Khuyết tật vảy cá (Sharkskin):** làm cho bề mặt chi tiết bị thô nhám sau khi ra khỏi khuôn. Nguyên nhân là do ma sát mặt nội làm thay đổi tốc độ dòng chảy như Hình 2.26a. Khi trường tốc độ này tăng tột độ, sẽ xuất hiện các điểm lồi trên bề mặt có hình dạng giống thân tre, và được gọi là khuyết tật thân tre (như Hình 2.26b).



Hình 2.26 Khuyết tật vảy cá (a) và khuyết tật thân tre (b)

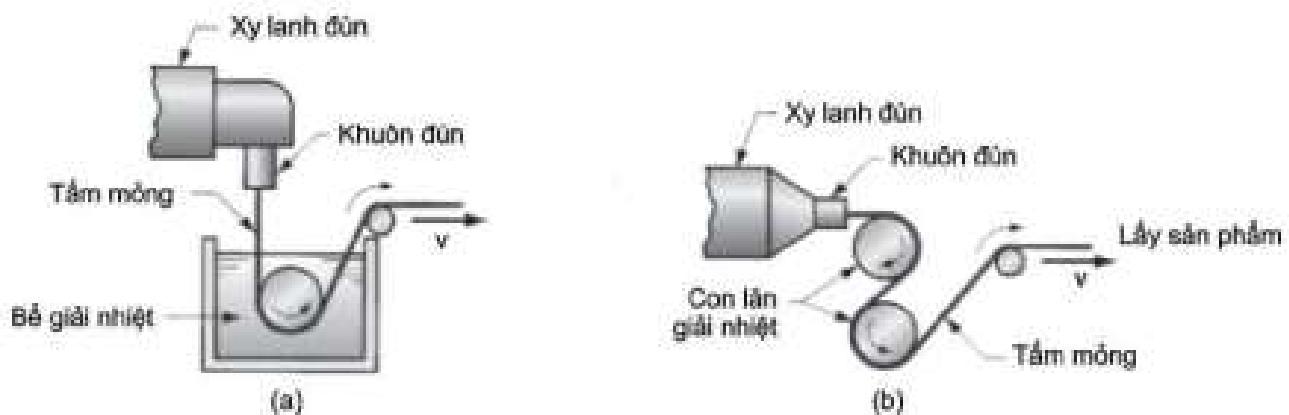
### 2.2.1.5 Quá trình tạo tấm mỏng và màng mỏng (Sheet and Film)

Tấm mỏng (Sheet) và màng mỏng (Film) bằng nhựa nhiệt dẻo được tạo bằng nhiều phương pháp, trong đó quan trọng nhất là hai phương pháp liên quan đến quá trình đùn. Tấm mỏng là các sản phẩm có chiều dày từ 0,5 mm đến 12,5 mm, trong khi, màng mỏng để chỉ các chi tiết có chiều dày nhỏ hơn 0,5 mm. Một số phương pháp tạo hình tấm và màng mỏng có thể kể đến như khuôn đùn khe mỏng, quá trình đùn thổi màng, cán màng.



Hình 2.27 Khuôn đùn khe mỏng

Khuôn đùn khe mỏng (Slit-Die Extrusion of Sheet and Film) (Hình 2.27): khe có kích thước bề ngang đến 3 m và bề rộng khe khoảng 0,4 mm. Dòng nhựa đi vào khuôn sẽ được manifold phân phối đều trên chiều ngang của khuôn và sau đó đi ra ngoài ở khe mỏng. Điều khó khăn của phương pháp này là cần đảm bảo độ dày đồng nhất cho tấm mỏng trong suốt chiều ngang của sản phẩm. Để tăng năng suất quá trình, cần tăng tốc độ giải nhiệt cho tấm sau đùn. Có thể giải nhiệt bằng bể nước (Hình 2.28a) hoặc giải nhiệt bằng con lăn (Hình 2.28b).

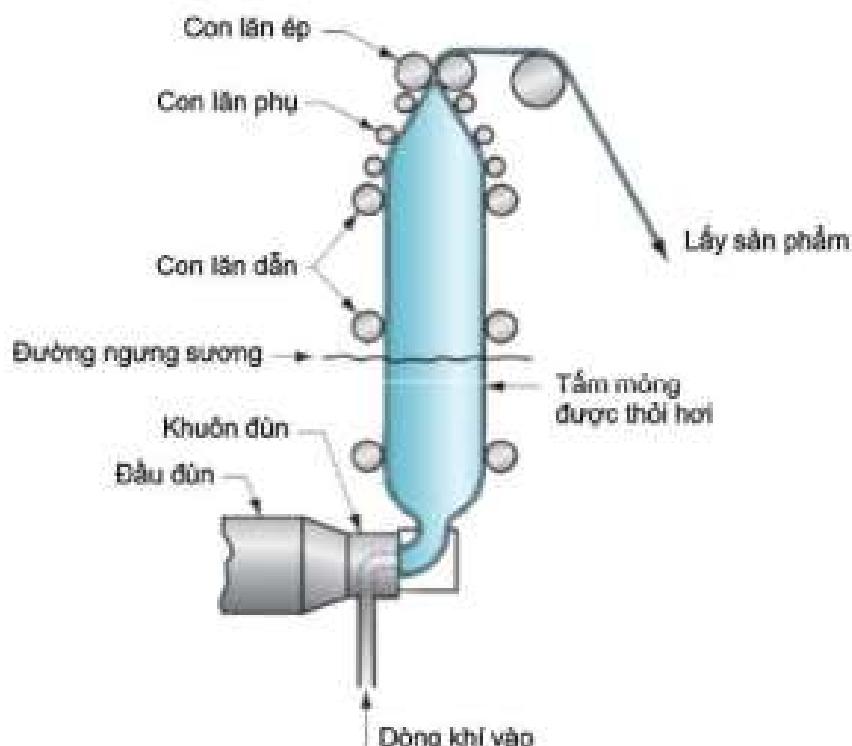


Hình 2.28 Giải nhiệt bằng bể nước (a) và giải nhiệt bằng con lăn (b)

Quá trình đùn thổi màng (Blown-Film Extrusion Process): dùng để tạo màng mỏng polyethylene dùng trong đóng gói. Đây là quá trình phức tạp kết hợp giữa đùn và thổi để tạo ra tấm mỏng dạng ống. Hình 2.29 mô tả quá trình đùn thổi.

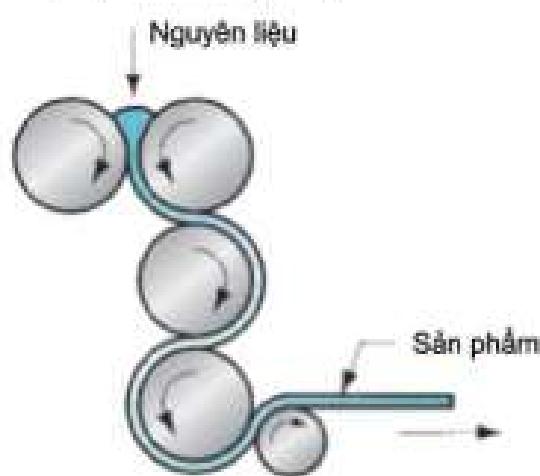
Vật liệu đi ra khỏi khuôn đùn có dạng ống và vẫn đang ở trạng thái dẻo, ngay lập tức di chuyển thẳng lên trên. Tiếp sau đó vật liệu được giãn nở kích thước theo cả hai phương nhò dòng khi thổi vào trực lõi. Đường ngưng sương là vị trí đánh dấu kết thúc quá trình đông đặc của vật liệu. Các con lăn dẫn và con lăn phụ sẽ dẫn hướng và ép dần ống nhựa mỏng này về phía cặp con lăn ép. Sau khi ra khỏi con lăn ép, sản phẩm có dạng ống phẳng. Ưu điểm của phương pháp này ở chỗ trong quá trình làm nguội, vật liệu được kéo

giản theo cả hai phương nên sản phẩm có độ bền cao hơn so với các phương pháp khác khi tạo hình bằng cách kéo theo một phương. Một ưu điểm khác chính là có thể điều khiển được độ dày của sản phẩm bằng cách thay đổi tần số đùn và áp suất khí thổi vào.



*Hình 2.29 Quá trình đùn thổi màng*

Cán màng (Calendering): quá trình thực hiện như Hình 2.30.



*Hình 2.30 Quá trình cán màng*

### 2.2.2 Khuôn ép phun (Injection Molding)

Ép phun là quá trình trong đó nhựa được gia nhiệt đến trạng thái chảy dẻo cao và được ép vào lòng khuôn dưới áp suất cao, sau đó đông đặc tạo thành chi tiết. Phương pháp này tạo ra chi tiết gần như chính xác theo yêu cầu, chu kỳ sản xuất nhanh từ 10 đến 30 giây. Có thể sử dụng một hoặc nhiều lòng khuôn, do đó năng suất đạt được rất cao.

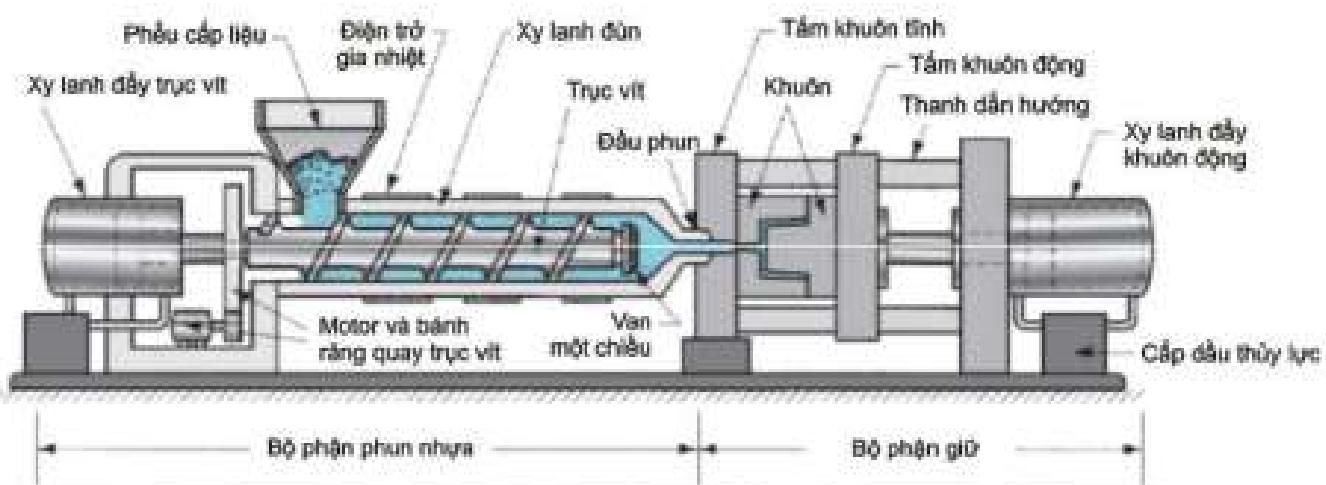
Phương pháp cho phép tạo ra các chi tiết hình dạng phức tạp. Khó khăn của phương pháp này chính là cần tạo ra được bộ khuôn có lòng khuôn giống hình dạng chi tiết cần làm và phải đảm bảo điều kiện tách khuôn và lấy chi tiết. Trọng lượng chi tiết của khuôn trong khoảng từ 50 g đến 25 kg tùy vào khả năng của thiết bị. Chi phí gia công khuôn rất đắt tiền nên phương pháp này đặc biệt phù hợp cho sản xuất sản lượng lớn. Vật liệu chủ yếu sử dụng là nhựa nhiệt dẻo, một vài nhựa nhiệt rắn và nhựa đàn hồi cũng có thể dùng nhưng cần lưu ý điều kiện tách khuôn, lấy chi tiết. Hình 2.31 minh họa máy ép phun nhựa dạng trực vít, bao gồm hai bộ phận:

- (1) Bộ phận phun nhựa
- (2) Bộ phận giữ.

Bộ phận phun nhựa ngoài cấu tạo rất giống trực vít dù ở phương pháp đùn còn có thể di chuyển nhanh dọc trực một khoảng nhỏ để ép và phun dòng nhựa vào trong lòng khuôn. Van một chiều ở gần đầu trực vít ngăn cản dòng nhựa di chuyển ngược dọc theo cánh vít.

Bộ phận kim giữ có ba chức năng:

- (1) Giữ chính xác vị trí hai nửa khuôn thẳng hàng với nhau;
- (2) Giữ kín khít hai nửa khuôn, chống lại lực ép phun từ phía trực vít, trong suốt quá trình phun;
- (3) Mở và đóng khuôn theo chu kỳ sản phẩm. Thông thường sử dụng xy lanh thủy lực để truyền lực cho bộ phận này. Lực kẹp có thể lên đến vài nghìn tấn trên các máy ép lớn.



**Hình 2.31** Máy ép phun nhựa dạng trực vít

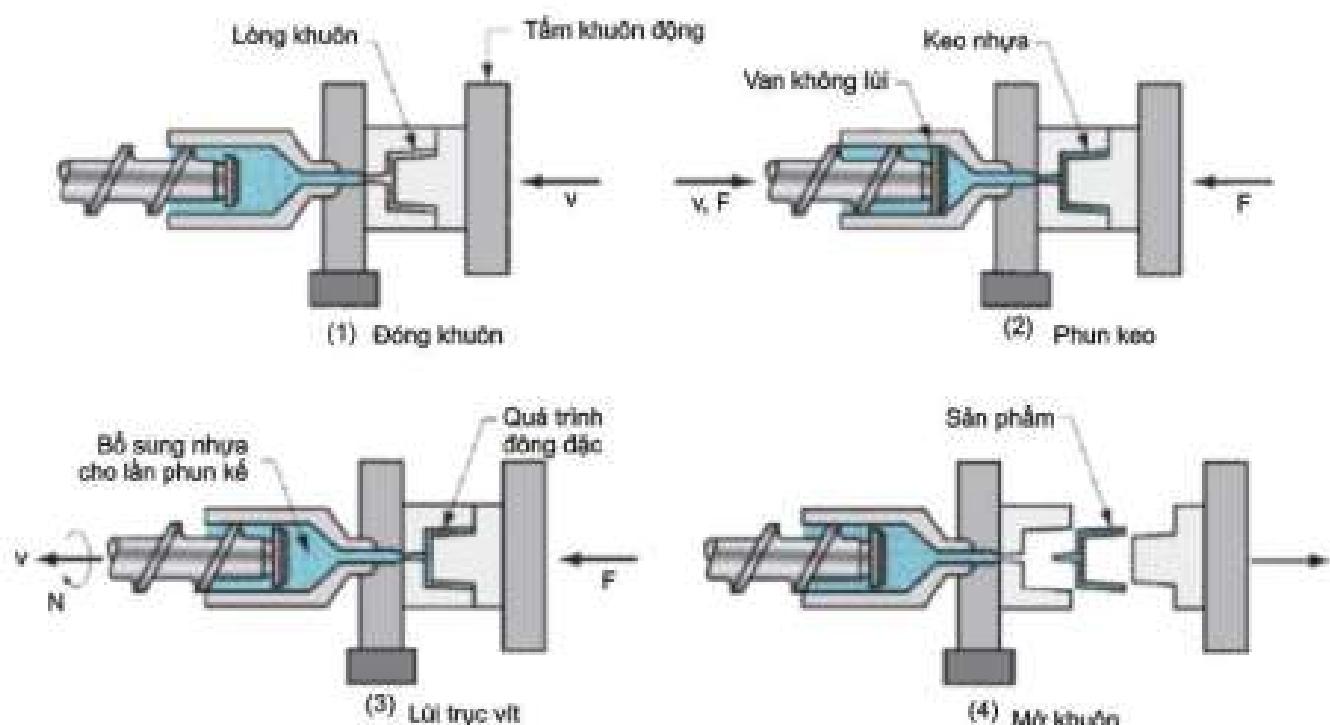
Chu kỳ ép phun nhựa nhiệt dẻo được minh họa theo Hình 2.32 gồm:

- (1) Đóng khuôn: Tâm khuôn động đóng lại và được giữ chặt.
- (2) Phun keo: Keo đã được gia nhiệt đủ và đạt trạng thái lỏng, được trực vít vận chuyển đến khu vực đầu phun, sau đó được phun vào lòng khuôn với áp suất

cao. Nhựa bị làm nguội và hóa rắn khi tiếp xúc với bề mặt lòng khuôn. Áp suất ép được duy trì giúp liên tục bổ sung keo nhựa vào lòng khuôn bù cho lượng thể tích bị co rút trong suốt quá trình làm nguội.

- (3) Lùi trực vít: Trục vít xoay và lùi lại, dưới sự hỗ trợ của van một chiều cho phép một lượng keo nhựa mới bổ sung vào khu vực đầu đùn để chuẩn bị cho lần phun tiếp theo. Đồng thời điểm này, quá trình đóng đặc diễn ra hoàn toàn bên trong lòng khuôn.
- (4) Mở khuôn: Tấm khuôn động lùi lại, khuôn mở ra, chi tiết được đẩy ra ngoài, kết thúc một chu kỳ sản phẩm.

Vì có chuyển động khứ hồi của trục vít nên máy ép nhựa kiểu này có tên gọi máy ép nhựa kiểu trực vít piston (reciprocating screw).



*Hình 2.32 Quá trình ép phun nhựa*

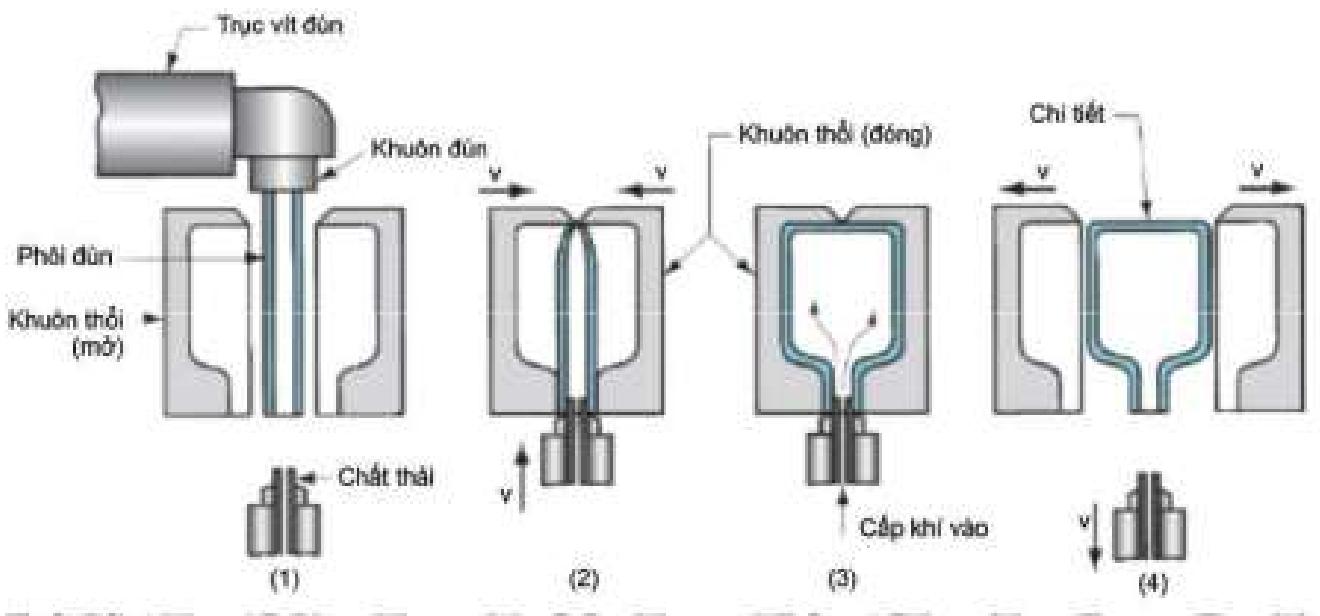
### 2.2.3 Khuôn thổi

Khuôn thổi được ứng dụng để tạo ra các sản phẩm nhựa nhiệt dẻo dạng rỗng, không có đường hàn, nồi bên ngoài. Điện hình là các chai nước, thể tích đạt nhỏ nhất 5 mL và lớn nhất lên đến 38.000 L. Phương pháp này phù hợp cho sản xuất sản lượng lớn các sản phẩm chai lọ nhỏ, thành mỏng. Quá trình thực hiện gồm hai bước:

- (1) Chế tạo phôi thổi (parison) bằng phương pháp đùn hoặc ép phun.
- (2) Thổi phồng phôi đạt kích thước và hình dáng theo yêu cầu nhờ khuôn thổi. Tùy theo cách tạo phôi thổi và phương pháp thổi, có ba cách tạo sản phẩm: khuôn đùn thổi, khuôn phun thổi và khuôn kéo giãn thổi.

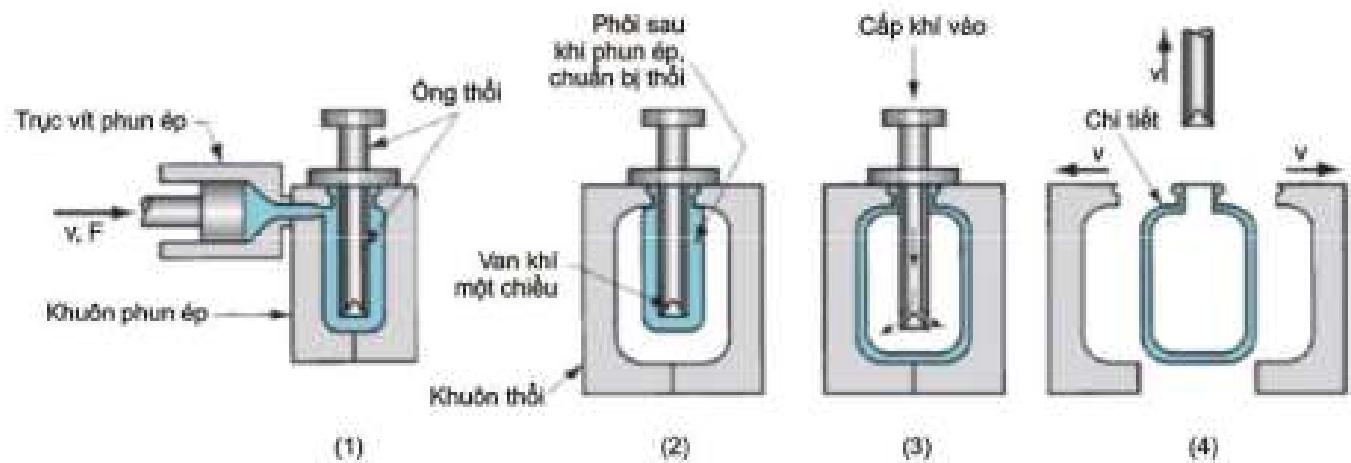
Quá trình tạo hình bằng khuôn đùn thổi (Extrusion Blow Molding) được minh họa qua Hình 2.33 gồm 4 bước sau:

- (1) Đùn ra phôi dạng ống (parison).
- (2) Phôi đùn được ép chặt tại phần chốt thổi tại vị trí miệng chai và phần đáy chai được hàn gắn nhờ hai nửa khuôn đóng lại.
- (3) Giữ ở vị trí đóng khuôn, thổi khí vào bên trong phôi đùn, phôi giãn nở tiếp xúc với toàn bộ bề mặt lòng khuôn, định hình nên hình dáng sản phẩm.
- (4) Ngưng cấp khí, rút chốt thổi, mở khuôn và lấy sản phẩm ra ngoài.



*Hình 2.33 Quá trình đùn thổi*

Quá trình tạo hình bằng khuôn phun thổi (Injection Blow Molding) được minh họa như Hình 2.33. Điểm khác biệt của phương pháp này là phôi thổi được tạo hình bằng phương pháp phun ép. Quá trình thực hiện qua như sau:



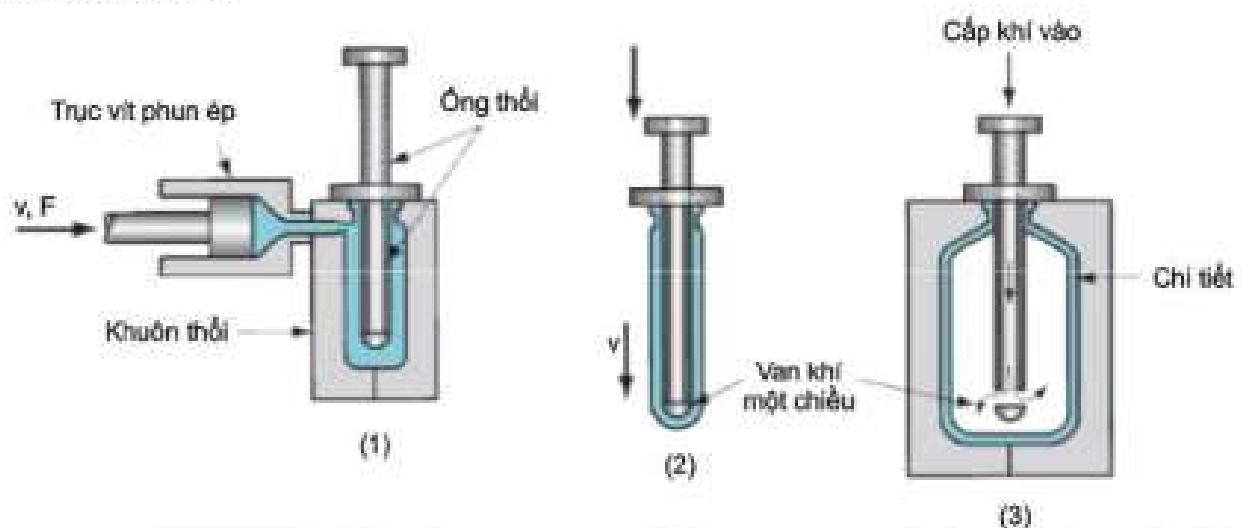
*Hình 2.34 Quá trình phun thổi*

- (1) Phôi thổi được tạo hình bằng phun ép, nhựa sau khi phun sẽ bọc lấy ống thổi và có hình dạng theo khuôn phun ép.
- (2) Mở khuôn phun ép, chuyển phôi thổi sang khuôn thổi, lúc này vật liệu vẫn đang ở trạng thái dẻo.
- (3) Thổi khí vào phôi thổi khi vào bên trong phôi dùn, phôi giãn nở tiếp xúc với toàn bộ bề mặt lòng khuôn, định hình nên hình dáng sản phẩm.
- (4) Ngưng cấp khí, rút chốt thổi, mở khuôn và lấy sản phẩm ra ngoài.

So với phương pháp dùn thổi, phương pháp này ưu điểm hơn ở chỗ:

- (1) Năng suất cao hơn,
- (2) Độ chính xác kích thước của sản phẩm cao hơn,
- (3) Tỉ số gãy vụn thấp,
- (4) Ít lãng phí vật liệu.

Đối với một số sản phẩm có chiều sâu lớn, cần bổ sung một bước trung gian trước khi thổi để làm đồng đều sự giãn của vật liệu. Ở Hình 2.35, bổ sung thêm bước số (2), ống thổi chuyển động đi xuống, kéo giãn phôi nhựa đang ở trạng thái dẻo, giúp cho khoảng cách từ phôi đến thành khuôn thổi ở bước (3) đồng đều hơn, chi tiết ít bị hỏng và biến dạng sau thổi.



**Hình 2.35 Quá trình kéo giãn thổi**

## Câu hỏi ôn tập Chương 2

- 1) Hãy kể tên, phân loại quá trình đúc.
- 2) Hãy mô tả các bước cơ bản trong quá trình đúc khuôn cát.
- 3) Hãy liệt kê một số phương pháp điển hình đúc trong khuôn phá hủy.
- 4) Hãy liệt kê một số phương pháp điển hình đúc trong khuôn không phá hủy.
- 5) Nêu sự khác biệt giữa đúc khuôn mẫu cháy và khuôn mẫu cháy.
- 6) Giữa đúc trong khuôn kim loại buồng nóng và buồng lạnh, phương pháp nào có năng suất cao hơn, vì sao?
- 7) Nêu các lý do vì sao quá trình tạo hình vật liệu nhựa lại đóng vai trò quan trọng.
- 8) Hãy phân loại các quá trình tạo hình vật liệu nhựa.
- 9) Hãy phân biệt quá trình đùn và quá trình ép phun.
- 10) Hãy trình bày cấu tạo của trực vít đùn.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Metals Handbook, Vol. 15, Casting. ASM International, Materials Park, Ohio, 2008.
- [2] Black, J., and Kohser, R. DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing, 10th ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.
- [3] Amstead, B. H., Ostwald, P. F., and Begeman, M. L. Manufacturing Processes. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1987.
- [4] Strong, A. B. Plastics: Materials and Processing, 3<sup>rd</sup> ed. Pearson Educational, Upper Saddle River, New Jersey, 2006.
- [5] Chanda, M., and Roy, S. K., Plastics Technology Handbook, 3rd ed., Marcel Dekker, 1998.
- [6] Harper, C., Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites, 3rd ed., McGraw-Hill, 1996.
- [7] Osswald, T. A., Turng, L. S., and Gramann, P., Injection Molding Handbook, 2nd ed., Hanser Gardner, 2008.

## Chương 3

# CÁC QUÁ TRÌNH GIA CÔNG KIM LOẠI BẰNG BIẾN DẠNG DÈO

Các quá trình gia công kim loại trong chương này sử dụng biến dạng dèo của kim loại để tạo hình sản phẩm. Quá trình biến dạng thu được bằng cách tạo ra ứng suất lớn hơn ứng suất dèo tối hạn của kim loại thông qua bộ khuôn gồm hai phần thường gọi là chày và cối. Kết quả là hình dạng của sản phẩm chính là hình dạng của lòng khuôn. Các vật liệu gia công của các phương pháp này đòi hỏi có độ bền và độ dèo nhất định.

Quá trình gia công bằng biến dạng dèo được chia thành hai nhóm chính: biến dạng khối (bulk deformation) và gia công tấm (sheetmetal working). Các chi tiết dạng khối được hiểu là chi tiết có tỉ số diện tích bề mặt trên thể tích nhỏ, ngược lại, các tấm có tỉ số diện tích mặt chia thể tích là rất lớn.

Các quá trình gia công bằng biến dạng được thực hiện ở nhiệt độ cao (hot working), nhiệt độ ấm (warm working), nhiệt độ thường (cold working), ngoài ra một số loại vật liệu đòi hỏi trong suốt quá trình gia công biến dạng nhiệt độ của chi tiết phải giống nhau (isothermal working).

Gia công ở nhiệt độ thường có ưu điểm: chính xác cao, độ nhám bề mặt thấp, độ bền và độ cứng cao, không cần gia nhiệt trong quá trình gia công. Hạn chế của phương pháp này là: lực lớn, hình dáng chi tiết bị hạn chế, yêu cầu vật liệu phải có độ bền và độ dèo phù hợp.

Gia công ấm được thực hiện ở nhiệt độ  $T_w = 0.3T_m$ ,  $T_m$  là nhiệt độ nóng chảy của vật liệu. Phương pháp này có ưu điểm so với gia công ở nhiệt độ thường là: lực ép giảm, đa dạng hình dáng hơn và quá trình ram sản phẩm có thể bỏ qua.

Gia công ở nhiệt độ cao thường được thực hiện ở nhiệt độ  $T_h = 0.5 \div 0.75T_m$ . Ở nhiệt độ này độ cứng giảm và độ dèo của kim loại tăng đáng kể. Kết quả là phương pháp này có thể gia công được các chi tiết có hình dạng đa dạng hơn, vật liệu đa dạng hơn, lực ép nhỏ hơn, chi tiết không bị hóa cứng trong quá trình gia công.

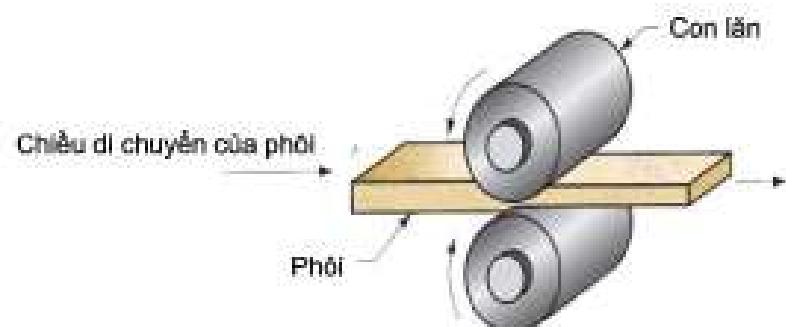
Một vấn đề cần quan tâm khi tìm hiểu về các quá trình gia công bằng biến dạng dèo chính là vấn đề bôi trơn. Bôi trơn nhằm: giảm ma sát giữa bề mặt chi tiết và bề mặt khuôn giảm lực hay công suất máy, giảm ứng suất tập trung trên sản phẩm và mòn khuôn hay dụng cụ.

Trong chương này, các quá trình biến dạng khối như: cán, rèn, đùn và kéo, và các quá trình gia công tấm như dập cắt, dập vuốt, chấn, cán ống, miết được trình bày một cách ngắn gọn.

### 3.1 CÁN

#### 3.1.1 Nguyên lý cán

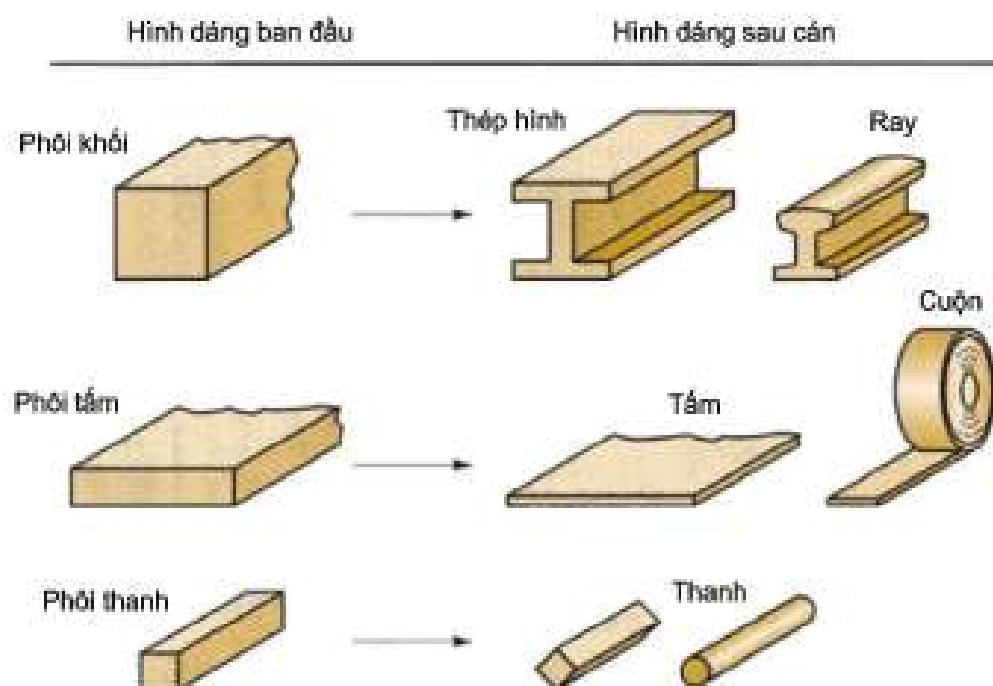
Cán là một quá trình gia công biến dạng trong đó độ dày của phôi được giảm bởi lực nén tác dụng bởi hai trục cán. Hình 3.1 minh họa phương pháp cán kim loại. Có hai quá trình cán phôi biến là cán phẳng và cán định hình. Cán phẳng dùng để làm giảm chiều dày của chi tiết có tiết diện hình chữ nhật, cán định hình tạo ra các chi tiết có tiết diện hình chữ I, chữ L, chữ U, cũng như các thanh thép vuông, tròn, hay thép đường ray...



*Hình 3.1 Nguyên lý của quá trình cán*

Cán thường dùng trong công nghiệp nặng, dùng chế tạo phôi cho các quá trình tiếp theo. Cán phản lớn thực hiện ở nhiệt độ cao, gọi là cán nóng, đối với thép thường ở nhiệt độ  $1200^{\circ}\text{C}$ , nhằm giảm lực cán, loại bỏ hết ứng suất dư. Tuy nhiên cán cũng có thể thực hiện ở nhiệt độ thấp gọi là cán nguội, thường giới hạn cho cán phẳng. Các sản phẩm tấm sau khi cán nóng có thể tiếp tục cán nguội nhằm giảm chiều dày, nâng cao độ chính xác kích thước và giảm độ nhám bề mặt nhưng các tấm này trở nên cứng hơn.

Hình 3.2 mô tả một số hình dáng chi tiết được gia công bằng phương pháp cán định hình.

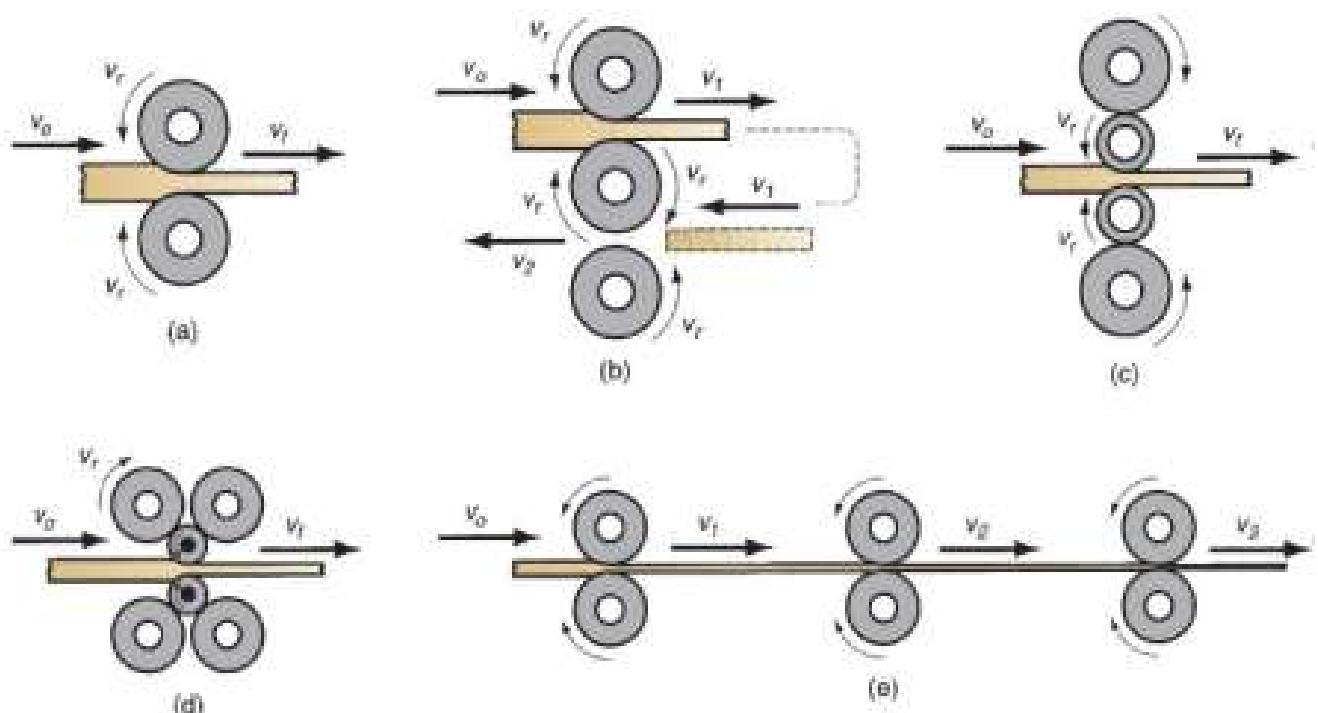


*Hình 3.2 Hình dạng một số sản phẩm của phương pháp cán*

Cán định hình phức tạp hơn cán phẳng nhiều, thường bắt đầu bằng phôi vuông qua nhiều cặp con lăn cán mới thu được hình dạng cuối cùng.

### 3.1.2 Máy cán

Có nhiều kết cấu máy cán khác nhau tùy theo yêu cầu của sản phẩm. Hình 3.3 mô tả một số kết cấu máy cán thường dùng trong công nghiệp. Hình 3.3a là máy cán cơ bản nhất gồm hai trục có đường kính từ 0.6 đến 1.4m, các trục này có thể quay theo một chiều hay hai chiều khác nhau. Cải tiến của máy hình a là máy hình b, ở đây kim loại được giảm chiều dày hai lần nhưng chiều quay của các trục không thay đổi. Cấu trúc máy ở hình c và d làm giảm tối đa biến dạng trên trục hay tăng độ cứng vững của máy bằng cách thêm các trục đỡ có đường kính lớn. Để tăng năng suất và chiều dày cán người ta áp dụng kết cấu của máy ở hình e.

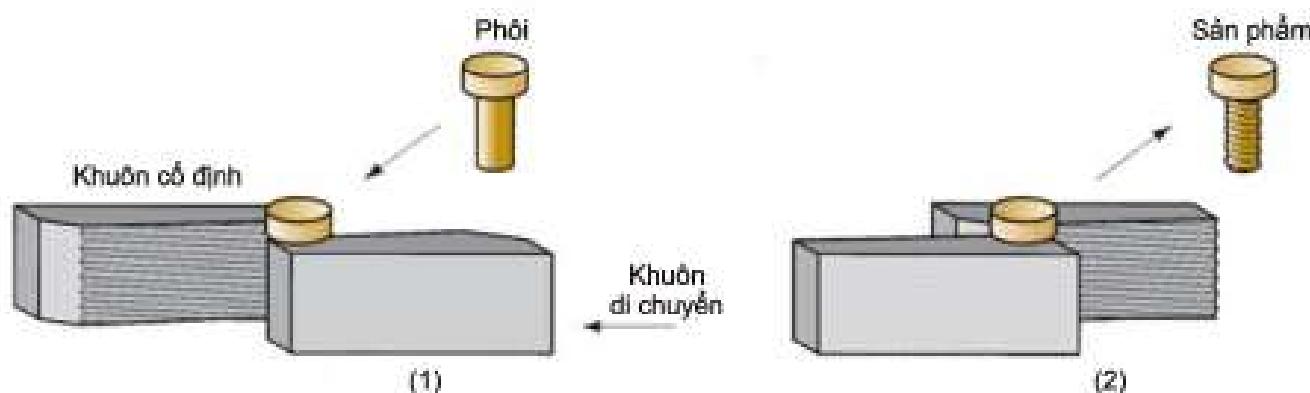


*Hình 3.3 Một số kết cấu máy cán phổ biến*

### 3.1.3 Một số quá trình cán khác

#### a) Cán ren

Phần lõm các chi tiết có ren ngoài không đòi hỏi yêu cầu độ chính xác cao được gia công bằng phương pháp cán. Quá trình cán ren được thực hiện ở nhiệt độ thấp trên máy cán ren chuyên dụng. Hình 3.4 mô tả nguyên lý của quá trình cán ren, bộ phận công tác của máy này chính là bàn ren, nó xác định bước ren của chi tiết. Để gia công một chi tiết hai bộ phận của bàn ren dịch chuyển tương đối với nhau như Hình 3.4, vì vậy năng suất của quá trình này rất cao.

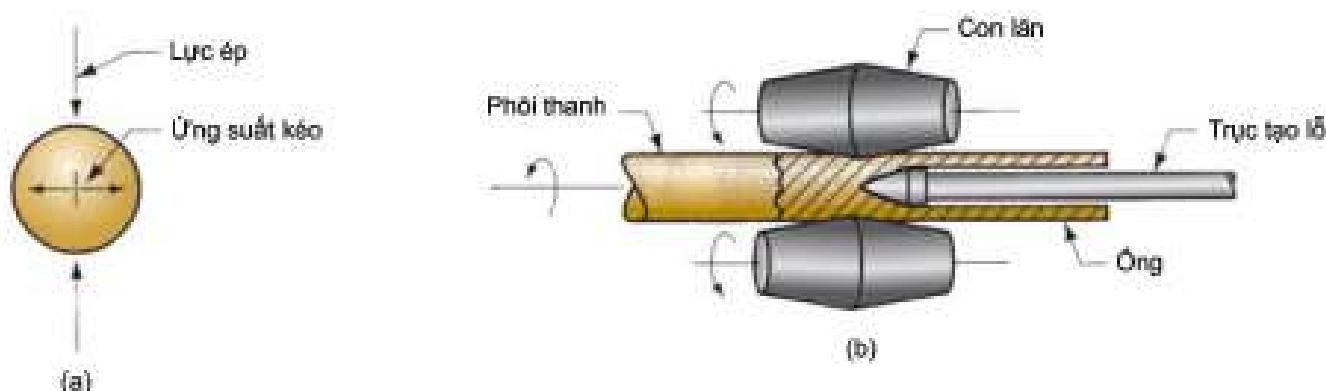


**Hình 3.4** Nguyên lý của quá trình cán ren

(1) chi tiết đi vào cán, (2) chi tiết hoàn chỉnh

### b) Cán ống thép không hàn

Hình 3.5 mô tả phương pháp gia công ống thép chất lượng cao, không có mối hàn ghép mì. Trong phương pháp này, chi tiết được nung nóng, sau đó qua bộ phận cán có trang bị thêm bộ phận tạo lỗ ban đầu. Sau đó chi tiết có lỗ được tiếp tục qua các cặp trực cán khác nhau để đạt được kích thước mong muốn.



**Hình 3.5** Nguyên lý quá trình chế tạo ống thép không hàn

- a) Chi tiết đầu tiên được nung nóng và cán tạo thành ứng suất tại tâm
- b) Quá trình tạo lỗ ban đầu

## 3.2 RÈN

Rèn là một quá trình gia công biến dạng khối cơ bản trong đó phôi được hình thành bằng biến dạng dẻo trong lòng khuôn do lực nén của khuôn hoặc các dụng cụ tương tự tác dụng lên. Có 3 phương pháp rèn cơ bản là: rèn khuôn hở (open-die forging); rèn khuôn kín (closed-die forging); và rèn không bavia (flashless- forging).

Rèn là một trong những phương pháp gia công kim loại lâu đời và quan trọng nhất, có niên đại ít nhất đến 4000 năm trước Công nguyên. Rèn đầu tiên được sử dụng để làm đồ trang sức, tiền xu, và các dụng cụ bằng kim loại với các công cụ rèn được làm bằng đá. Hiện nay, các chi tiết vẫn được chế tạo bằng phương pháp rèn gồm cánh quạt cho các tua bin lớn; bánh răng; bu lông và đinh tán; dao kéo; dụng cụ cầm tay (Hình 3.6a.); chi tiết có

kết cấu dùng cho máy bay (Hình 3.6b), ray đường sắt; và một số chi tiết khác dùng trong ô tô, đây là các chi tiết có yêu cầu cơ tính cao.



(a)



(b)



(c)

**Hình 3.6** Một số sản phẩm được chế tạo bằng phương pháp rèn

a), b) Sản phẩm của phương pháp rèn; c) Máy dùng để rèn

Phần lớn các quá trình rèn là rèn nóng, tuy nhiên nó có thể thực hiện ở nhiệt độ thường, gọi là rèn nguội. Rèn nóng đòi hỏi lực thấp hơn, nhưng độ chính xác và độ nhám bề mặt của các chi tiết thấp hơn rèn nguội. Thông thường, sản phẩm rèn thường cần thêm các nguyên công cắt gọt nhằm nâng cao độ chính xác và giảm độ nhám bề mặt. Ngày nay, một số sản phẩm của phương pháp rèn khuôn có thể sử dụng trực tiếp mà không cần nguyên công cắt gọt.

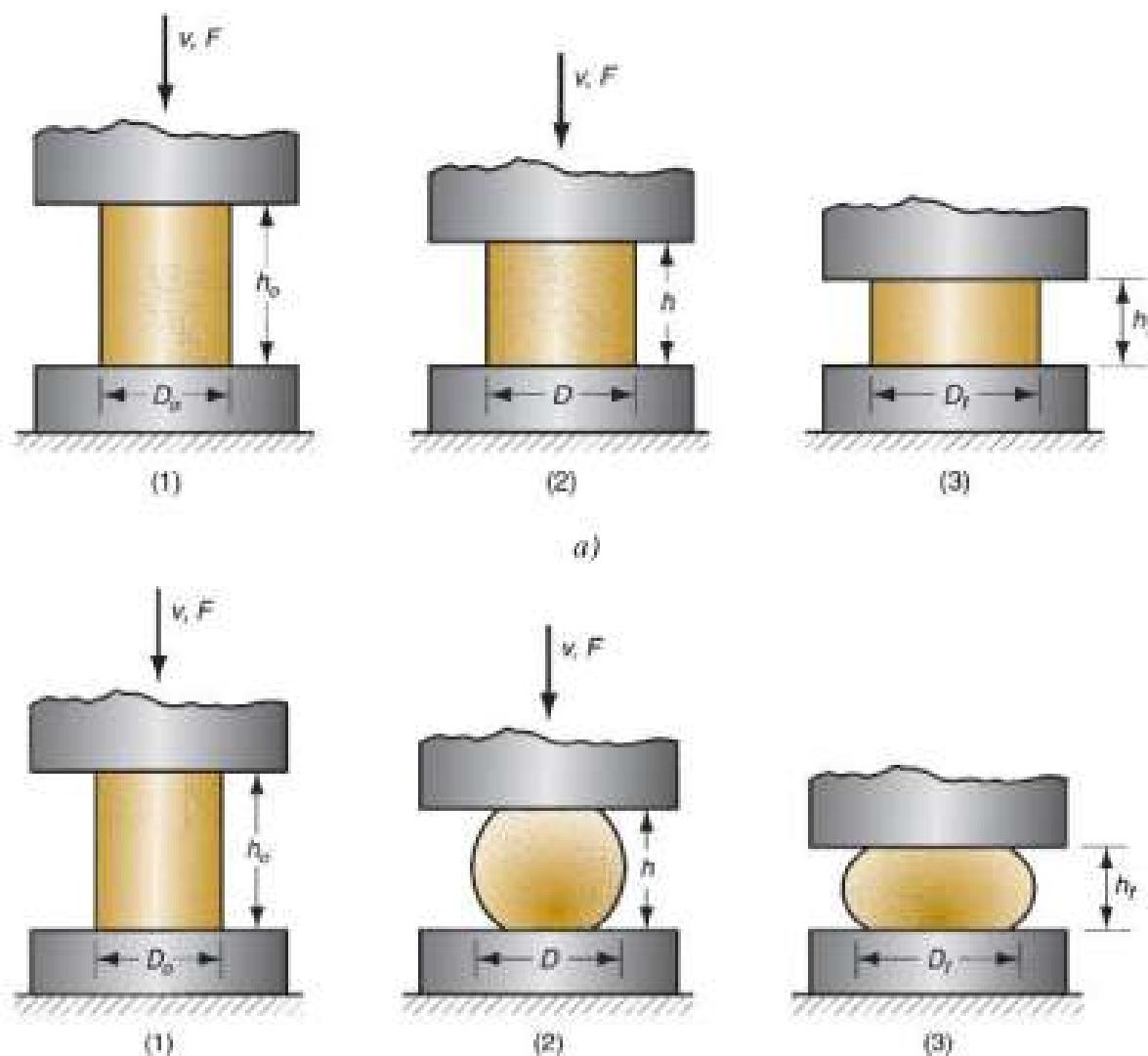
Các thiết bị cơ bản dùng trong các quá trình rèn là máy rèn và khuôn và một số thiết bị phụ trợ như lò nung, các thiết bị cắp và lấy phôi ra, thiết bị cắt bavia (nếu cần).

Máy rèn có thể là máy búa hoặc máy ép. Máy búa tạo ra các xung lực có chu kỳ, trong khi máy ép tạo ra các lực đều tốc độ chậm. Máy ép có thể được dẫn động bằng các cơ cầu cơ khí hay thủy lực. Các loại máy cơ khí thường tạo ra các lực rất lớn đến vài nghìn tấn.

### 3.2.1 Rèn khuôn hở

Hình 3.7 mô tả phương pháp rèn khuôn hở. Chi tiết được rèn nằm giữa đe và búa, dưới tác dụng lực của búa và phản lực của đe chi tiết bị biến dạng như Hình 3.7a nếu

ma sát giữa sản phẩm và hai bờ mặt búa và đe được bỏ qua. Trong đó, (1) phôi ban đầu, (2) phôi trung gian và sản phẩm (3). Khi xét đến ma sát biến dạng của chi tiết như Hình 3.7b.

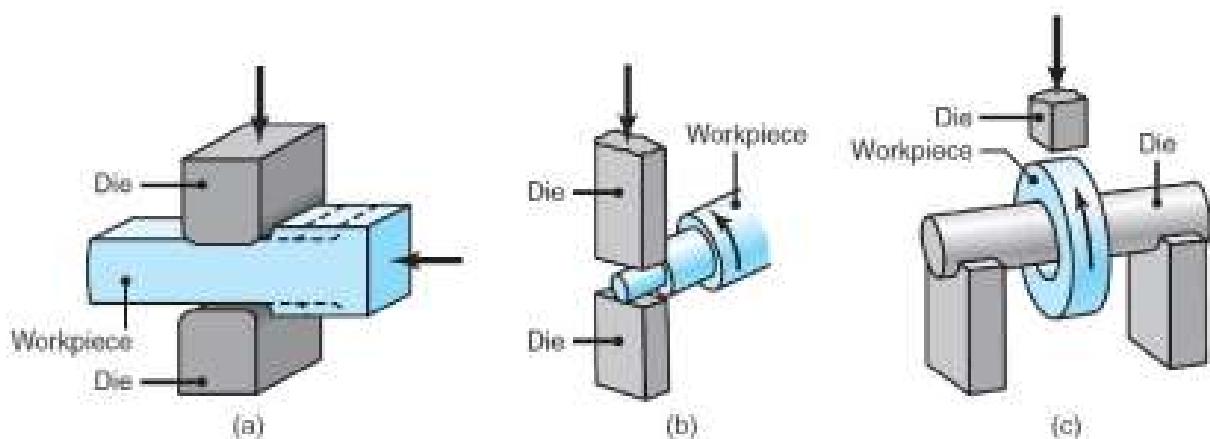


Hình 3.7 Minh họa nguyên lý của rèn khuôn hở

a) Bỏ qua ma sát; b) Có xét đến ma sát

Rèn khuôn hở là phương pháp rèn đơn giản nhất. Sản phẩm của rèn khuôn hở có kích thước từ rất nhỏ đến rất lớn. Sản phẩm đa dạng nhưng nhìn chung có hình dáng đơn giản.

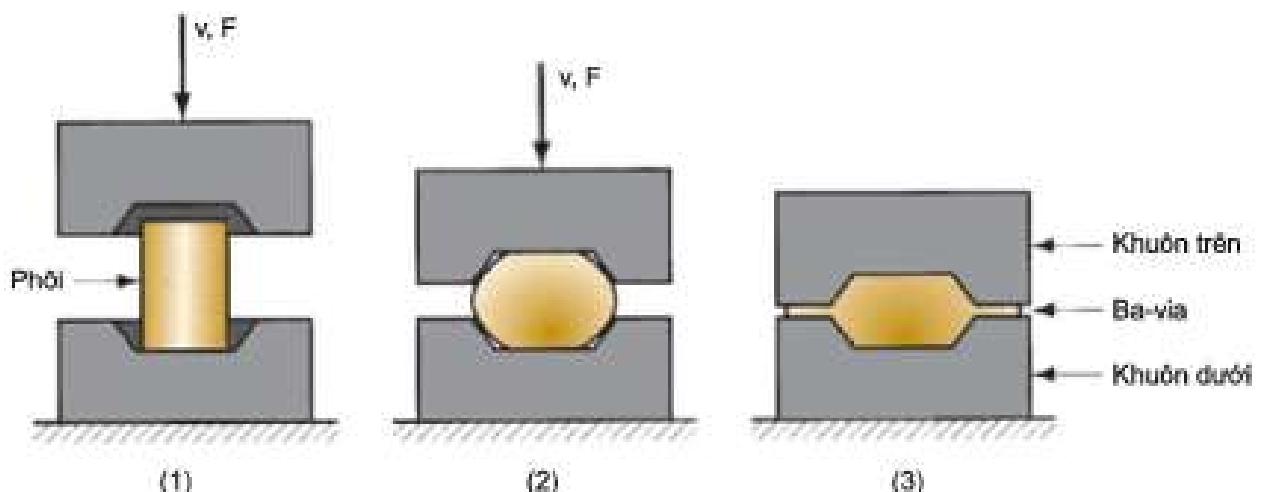
Một số ứng dụng phổ biến của phương pháp rèn khuôn hở trong công nghiệp được mô tả ở Hình 3.8. Trong đó, hình a: giảm kích thước của chi tiết theo chiều cao và tăng kích thước theo chiều rộng và chiều dài. Hình b: chi tiết quay tròn, lực ép khuôn trên và khuôn dưới là giảm đường kính chi tiết xuống. Hình c: gia công vòng dùng phương pháp rèn khuôn hở, bằng cách tăng lực ép của khuôn trên khi quay chi tiết hết vòng ta có thể tăng đường kính và giảm bê dày chi tiết. Phương pháp này dùng để gia công phôi bánh răng có yêu cầu cơ tính cao.



*Hình 3.8 Các ứng dụng phổ biến của phương pháp rèn khuôn hở*

### 3.2.2 Rèn khuôn kín

Trong phương pháp rèn khuôn kín, sản phẩm có hình dạng của lòng khuôn, hình dáng này có được khi phôi bị ép và biến dạng dẻo trong lòng khuôn. Quá trình này thường được thực hiện ở nhiệt độ cao để giảm các lực ép và đạt được yêu cầu tăng độ dẻo của phôi. Hình 3.9 mô tả nguyên lý của quá trình rèn khuôn kín, trong đó hình (1) phôi được đưa vào khuôn; (2) hình thành hình dáng sản phẩm dưới tác dụng của lực ép và (3) sản phẩm có chứa bavia, đó là phần kim loại dư thừa sau đó cần được cắt bỏ.

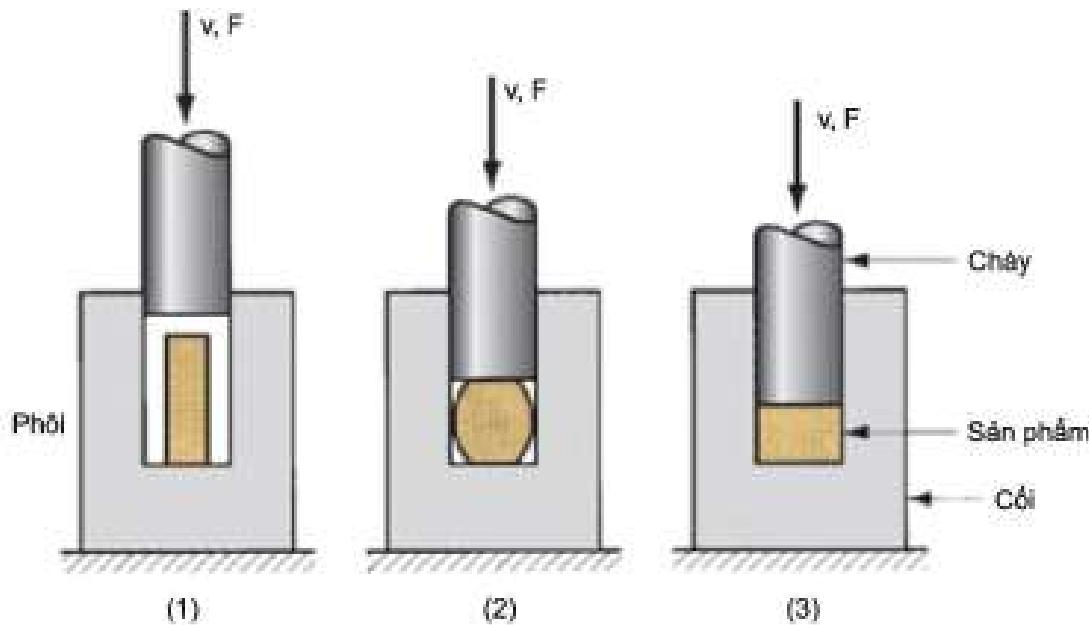


*Hình 3.9 Các giai đoạn trong quá trình biến dạng của một phôi tròn khi rèn khuôn*

Thông thường, phôi vào quá trình rèn khuôn kín phải được qua nhiều bước rèn sơ bộ để có được hình dáng gần giống với sản phẩm nhằm làm giảm lực ép cũng như khả năng điền đầy lòng khuôn.

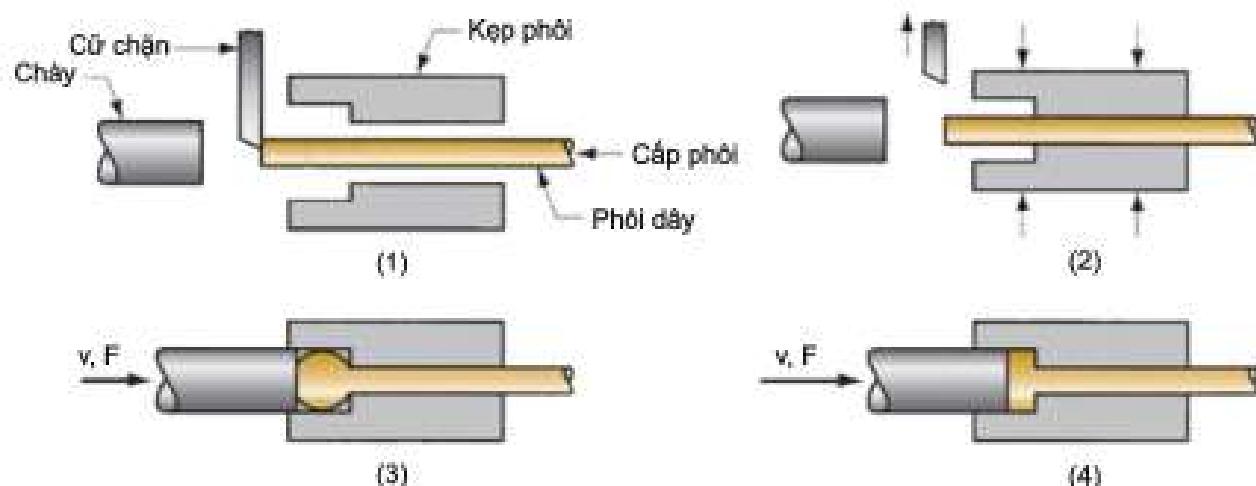
### 3.2.3 Rèn không bavia

Về nguyên lý, rèn không bavia giống như rèn khuôn kín. Tuy nhiên, nó đòi hỏi cần tính toán chính xác thể tích sản phẩm từ đó tạo phôi chính xác, phạm vi dung sai rất nhỏ, sản phẩm không cần phải cắt bỏ bavia. Hình 3.10 minh họa phương pháp này, thông thường các chi tiết rèn bằng phương pháp này có hình dáng đơn giản hay đối xứng. Vật liệu dùng cho phương pháp rèn này thường là nhôm, ma giê và hợp kim của chúng.



**Hình 3.10** Nguyên lý của phương pháp rèn không bavia

Biểu thể của phương pháp này là quá trình làm tăng kích thước đường kính và giảm chiều dài một phần chi tiết, trong khi giữ nguyên phần khác. Các quá trình này thường được thực hiện trên các máy chuyên dụng có năng suất rất cao. Hình 3.11 mô tả quá trình gia công đầu của một đai ốc hay vít. Đầu tiên phôi được cắt chính xác (1) sau đó phần không thay đổi kích thước được kẹp chặt, sau đó khuôn ép vào để tạo hình đầu bu lông (3), và cuối cùng đầu bu lông được hình thành (4).



**Hình 3.11** Quá trình chế tạo đầu bu lông hoặc vít

### 3.3 DÙN

Dùn là một quá trình nén trong đó phôi kim loại buộc phải chảy qua một khuôn hở để tạo ra chi tiết diện mong muốn. Một số ưu điểm của phương pháp dùn:

- Tạo ra chi tiết có tiết diện đa dạng, nhất là dùn nóng;
- Cấu trúc hạt được cải tiến, tăng cơ tính của sản phẩm đặc biệt khi dùn nguội;

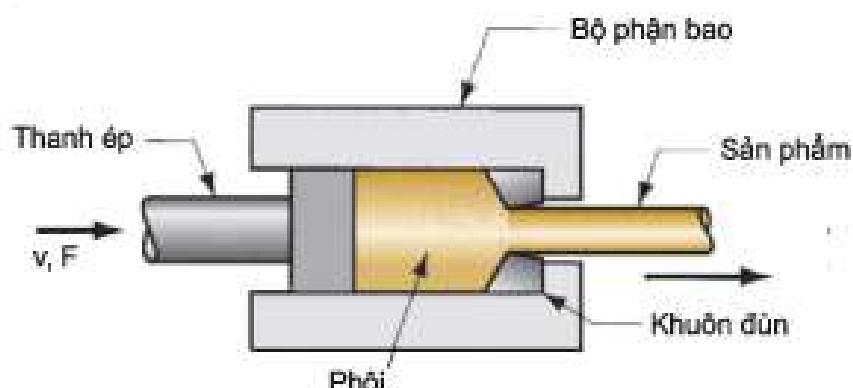
- Độ chính xác kích thước khá cao;
- Mức độ sử dụng vật liệu cao;

Hạn chế lớn nhất của phương pháp này là các sản phẩm có tiết diện không đổi theo chiều dọc của sản phẩm.

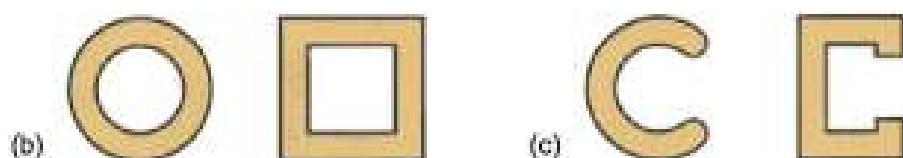
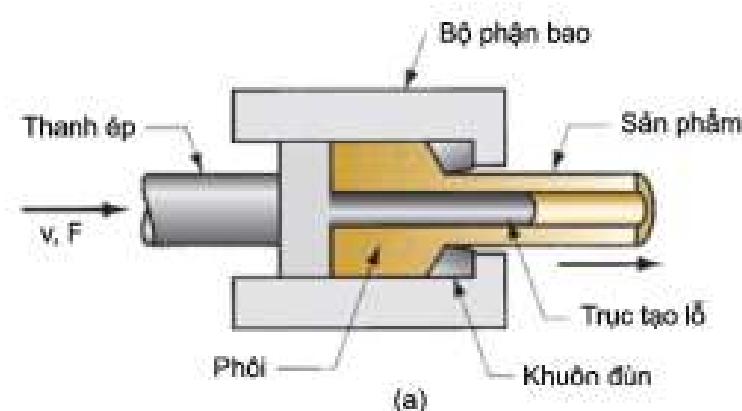
### 3.3.1 Phân loại phương pháp đùn

#### a) *Đùn trực tiếp và đùn gián tiếp*

Hình 3.12 và 3.13 mô tả phương pháp đùn trực tiếp cho sản phẩm có lỗ và không có lỗ, tác dụng của phản lực chuyển kim loại bị biến dạng và chảy qua khuôn hở tạo thành sản phẩm có tiết diện do hình dáng và kích thước khuôn quyết định. Phôi được đưa vào thiết bị đùn gồm khuôn hở cố định và bộ phận ép di động. Dưới tác dụng của lực ép, kim loại bị biến dạng và thoát qua cửa của khuôn tạo thành sản phẩm có tiết diện chính là hình dáng của khuôn. Hạn chế lớn nhất của phương pháp này chính là ma sát giữa chi tiết và thành của thiết bị đùn.



*Hình 3.12 Nguyên lý của phương pháp đùn trực tiếp áp dụng cho sản phẩm không có lỗ*

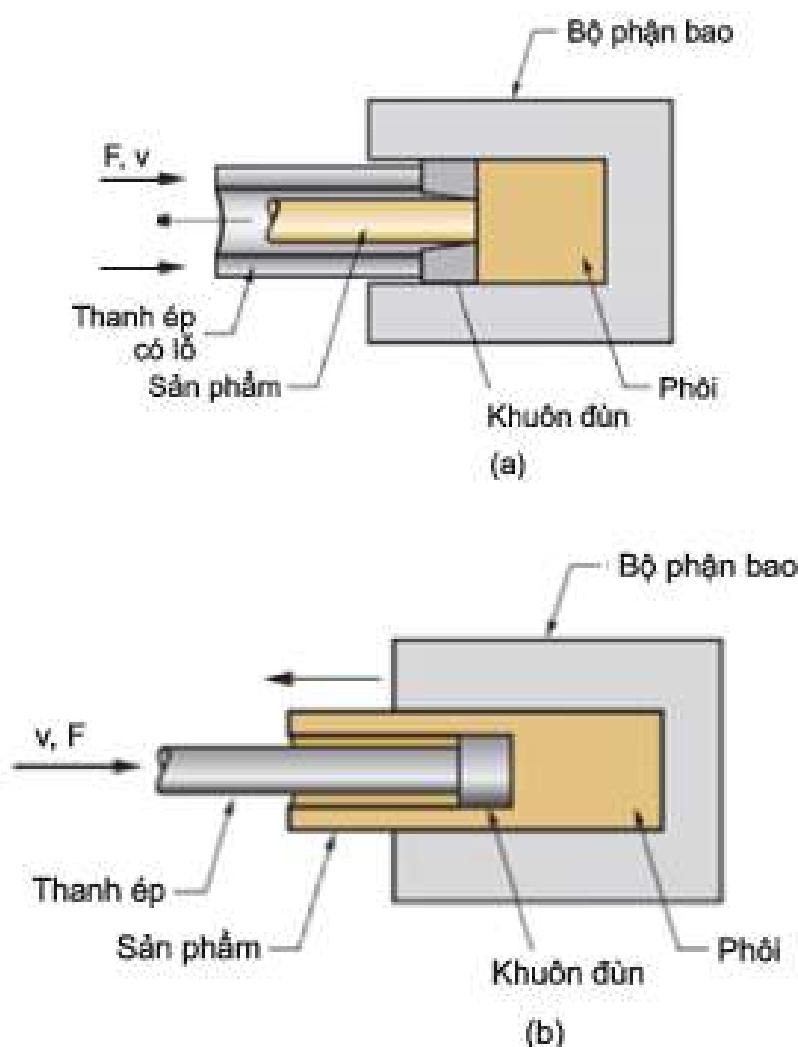


*Hình 3.13 Nguyên lý và sản phẩm đùn trực tiếp*

Các sản phẩm có lỗ ở giữa như ống được đùn như Hình 3.13, ở đây bộ phận ép có hình dáng như trục gá với tiết diện trục gá chính là tiết diện lỗ của chi tiết. Dưới tác dụng của lực ép, kim loại bị biến dạng và thoát ra giữa khe hở của trục gá và khuôn tạo thành sản phẩm.

Hình 3.13 mô tả nguyên lý của quá trình đùn sản phẩm có lỗ và một số hình dáng tiết diện sản phẩm điển hình.

Hình 3.14 mô tả nguyên lý của phương pháp đùn gián tiếp, thường áp dụng cho sản phẩm có lỗ, ở đây khuôn là bộ phận di chuyển. Khi bộ phận ép di chuyển, phôi dày ra theo chiều ngược lại khi so sánh với phương pháp đùn trực tiếp. Phương pháp này giảm lực ép nhưng giảm độ cứng vững của bộ phận ép cũng như kết cấu của máy trở nên phức tạp.



*Hình 3.14 Phương pháp đùn gián tiếp*

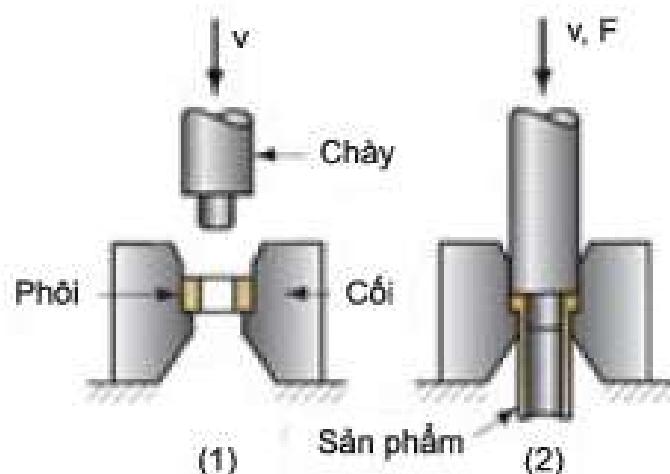
### b) *Dùn ở nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp*

Phần lớn kim loại như nhôm, magie, đồng và các hợp kim nhôm và hợp kim magie được dùn ở nhiệt độ cao, tuy nhiên một số kim loại như nhôm có thể dùn ở nhiệt độ thấp. Thường các chi tiết riêng lẻ, vật liệu mềm có thể dùn ở nhiệt độ thấp.

### 3.3.2 Một số phương pháp đùn khác

#### a) Đùn trên máy ép

Phương pháp này thường được thực hiện trên máy ép thay vì máy đùn như các phương pháp trên. Hình 3.15 minh họa nguyên lý của phương pháp này, trong hình, các phôi riêng lẻ được chế tạo trước, sau đó thực hiện quá trình đùn thông qua chày và cối trên máy ép có tốc độ lớn để thu được sản phẩm có hình dạng và kích thước mong muốn.

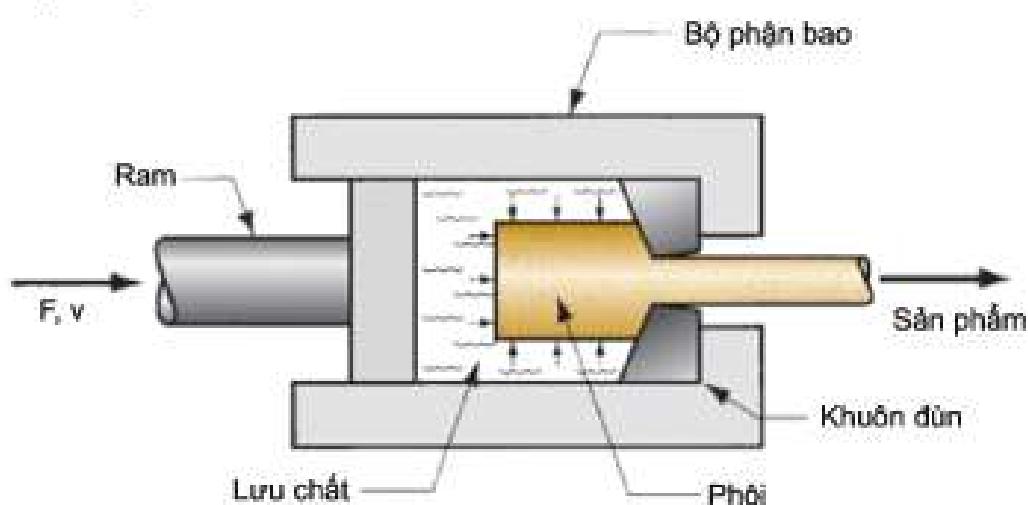


*Hình 3.15. Phương pháp đùn trên máy ép*

(1) phôi, (2) quá trình biến dạng để tạo thành sản phẩm

#### b) Đùn thủy tĩnh

Hình 3.16 mô tả nguyên lý của quá trình đùn thủy tĩnh, lực đùn được tạo ra do hệ thống thủy lực áp lực cao. Phương pháp này tạo ra lực ép đều và làm giảm lực ép, kết quả là kết cấu máy nhỏ gọn.



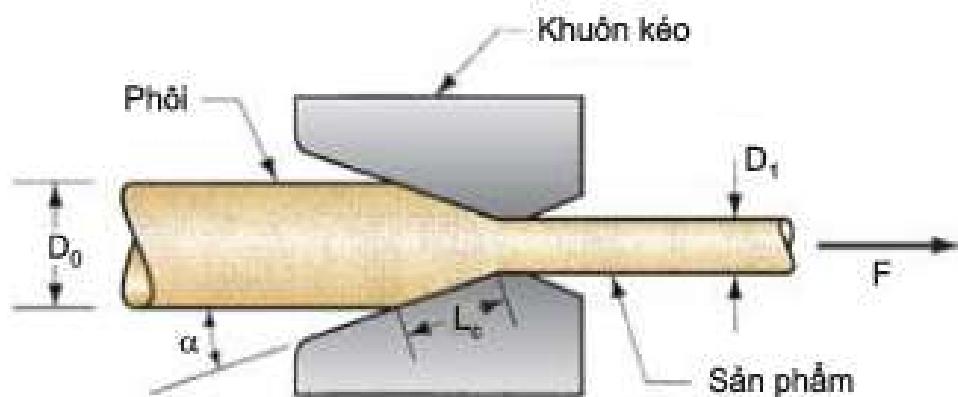
*Hình 3.16. Đùn thủy tĩnh*

## 3.4 KÉO

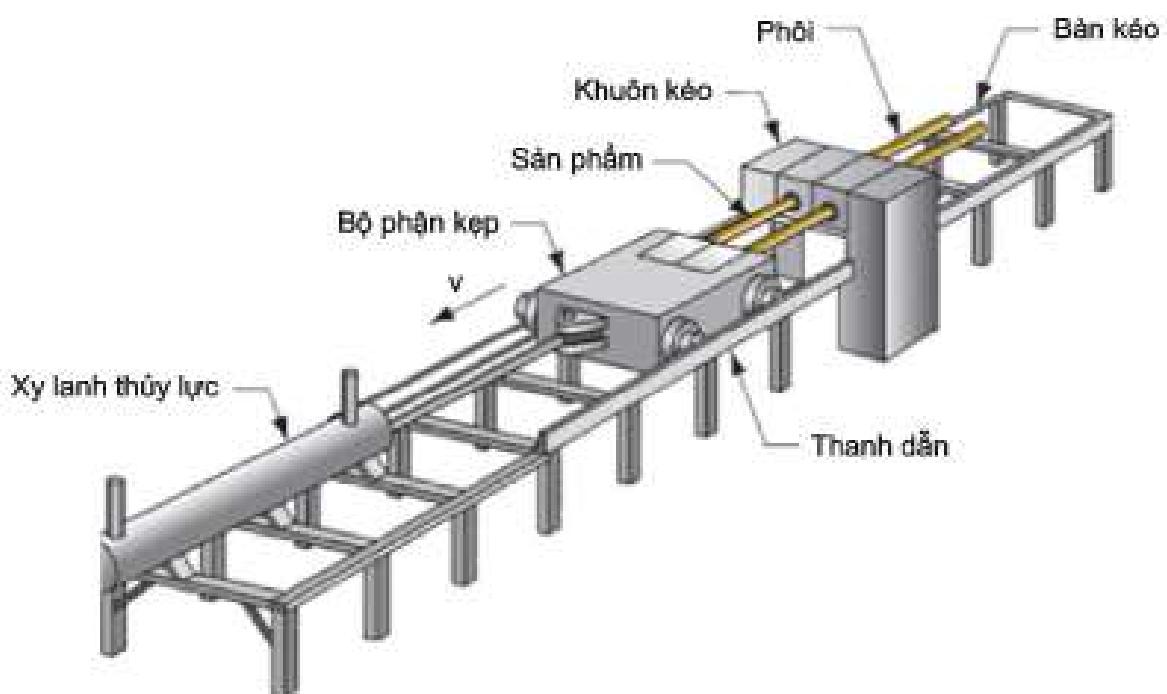
Kéo là quá trình làm giảm kích thước tiết diện chi tiết khi kéo sản phẩm qua khuôn hở. Nguyên lý kéo được mô tả ở Hình 3.17a, thường kéo được thực hiện ở nhiệt độ thấp.

hình dạng tiết diện chủ yếu là tròn. Kéo có hai nhóm chính là: kéo sợi và kéo thanh. Kéo sợi tạo ra các sợi có đường kính nhỏ, phôi đầu vào cũng có đường kính nhỏ, trong khi kéo thanh cả phôi và sản phẩm đều có kích thước lớn. Nguyên lý kéo sợi và kéo thanh giống nhau nhưng thiết bị công nghệ khác nhau. Hình 3.17b mô tả máy kéo thanh, trong khi Hình 3.17c mô tả máy kéo sợi. Về nguyên lý, kéo khá tương đồng với đùn, nếu như phương pháp đùn phôi được dàm qua khuôn thì ở phương pháp kéo phôi được kéo qua khuôn. Phôi bị biến dạng do kéo chứ không phải nén như ở phương pháp đùn.

Sản phẩm chủ lực của phương pháp kéo là dây thép có các đường kính khác nhau, đây là sản phẩm dùng rất phổ biến trong công nghiệp và đời sống. Ưu điểm của các sản phẩm được chế tạo từ phương pháp kéo là: độ chính xác kích thước cao, độ nhám bề mặt thấp, cơ tính tốt.

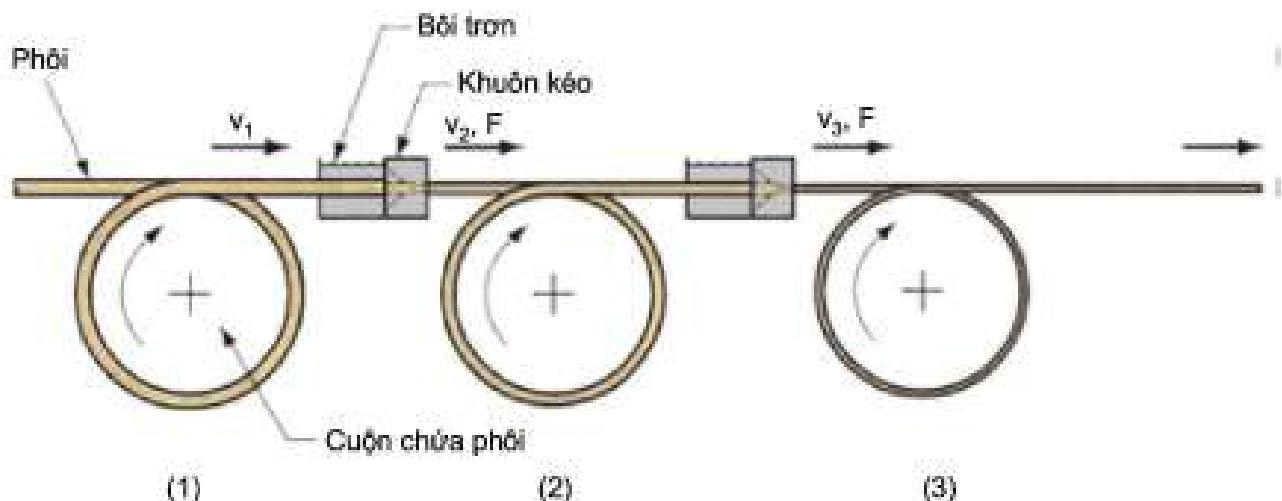


Hình 3.17a Nguyên lý phương pháp kéo



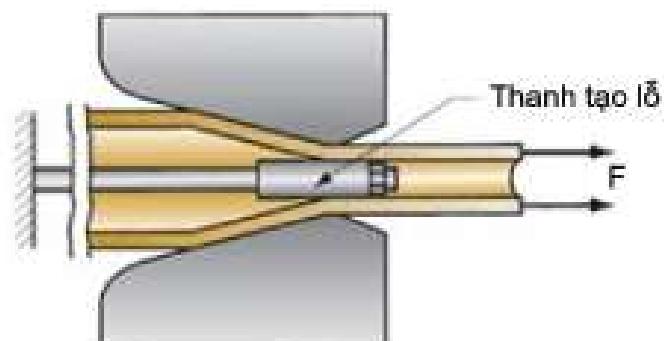
Hình 3.17b Mô tả thiết bị kéo thanh cơ bản

Thanh bị kéo thường chỉ cần qua một khuôn kéo, giảm tiết diện một mức, và thường kéo từng đợt do cả phôi và sản phẩm dạng thanh thẳng. Để giảm đường kính trên máy kéo sợi, sợi có thể qua nhiều khuôn kéo liên tiếp. Máy kéo sợi dạng liên tục do phôi và sản phẩm đều tồn tại ở dạng cuộn.



Hình 3.17c Sơ đồ thiết bị kéo dây

Ngoài ra, phương pháp kéo cũng được thực hiện để giảm kích thước và chiều dày của ống như Hình 3.18.



Hình 3.18 Nguyên lý kéo ống

### 3.5 GIA CÔNG KIM LOẠI TÂM

Các quá trình này áp dụng cho các tấm kim loại có chiều dày từ 0.4 đến 6mm. Sản phẩm làm bằng kim loại tấm xung quanh chúng ta có rất nhiều. Phạm vi ứng dụng của các sản phẩm dạng tấm rất rộng, từ sản phẩm tiêu dùng đến công nghiệp, như lon nước giải khát, dụng cụ nhà bếp, tủ hồ sơ, bàn ghế kim loại, đồ gia dụng, thân xe, xe kéo, và thân máy bay,... như mô tả trên hình (Hình 3.19). Có nhiều các quy trình gia công kim loại tấm, trong đó phổ biến là dập cát, uốn và miết.

Tâm thép carbon thấp là nguyên liệu được sử dụng phổ biến nhất vì nó có giá thành thấp và khả năng định hình tốt. Ngày nay, inox được sử dụng trong các ứng dụng cần chú ý đến vấn đề ăn mòn, sức khỏe hay trong thực phẩm như lon nước giải khát, bao bì, đồ

dùng nhà bếp. Trong khi đó, nhôm và titan là các vật liệu kim loại thường dùng cho các ngành công nghiệp chế tạo máy bay và hàng không vũ trụ.



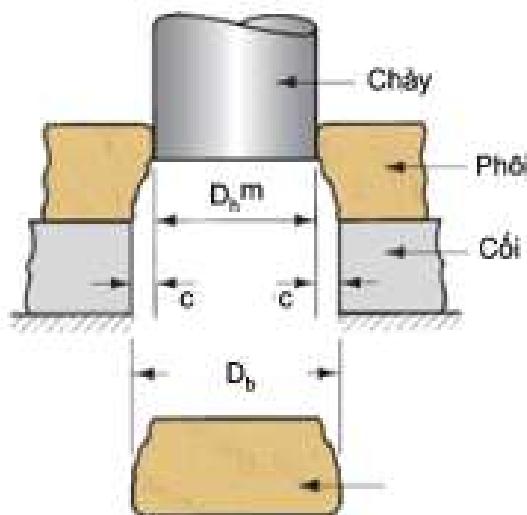
*Hình 3.19 Các sản phẩm của quá trình gia công kim loại tấm*

Hầu hết các quá trình gia công kim loại tấm được thực hiện ở nhiệt độ thường, hay dập nguội. Tuy nhiên, dập nóng thỉnh thoảng được thực hiện để tăng tính chịu bền của chi tiết và giảm tải cho máy móc. Vật liệu thường dùng trong dập nóng là hợp kim titan và các loại thép độ cứng cao.

### 3.5.1 Dập cắt tấm

Quá trình dập cắt dùng để cắt định hình chi tiết cho các quá trình khác hoặc cắt chúng từ cuộn thép tấm ra các kích thước và hình dáng khác nhau. Các thông số chính trong quá trình cắt là:

- Hình dạng của chày và cối
- Tốc độ chày
- Bôi trơn
- Khe hở c giữa các chày và cối



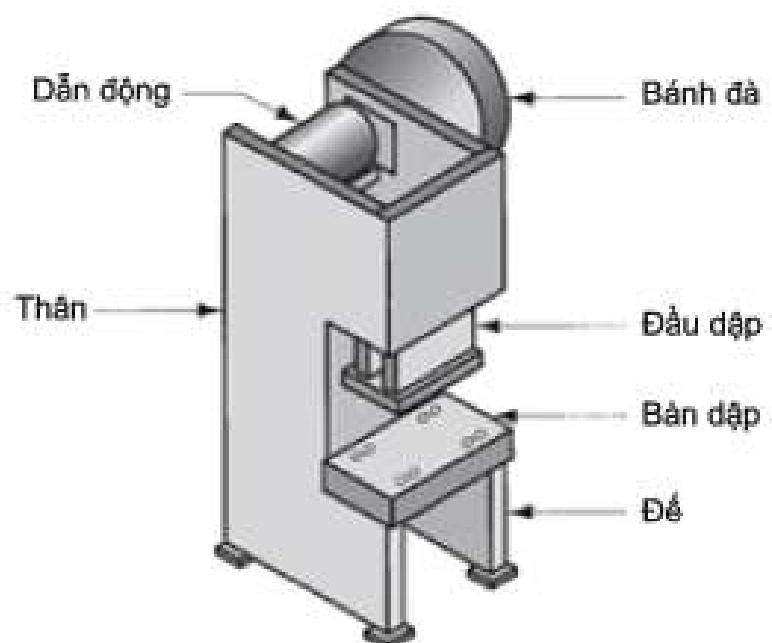
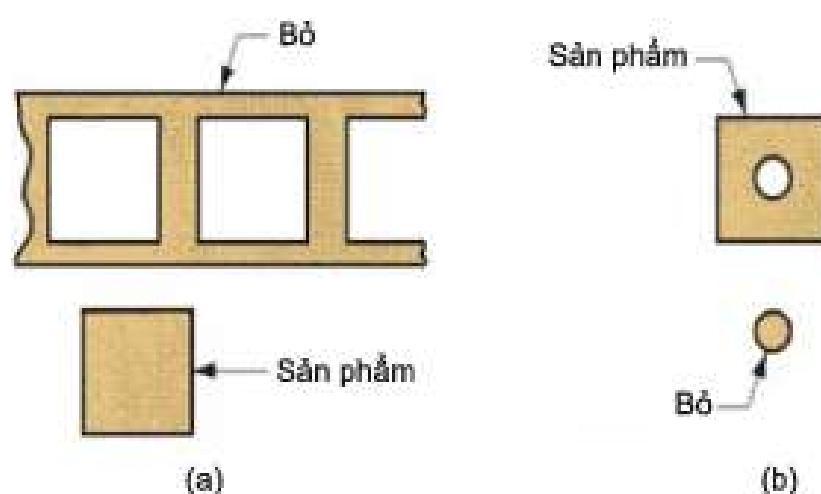
*Hình 3.20 Các thông số cơ bản của quá trình cắt*

Khe hở giữa chày và cối là một nhân tố chính trong việc xác định hình dạng và chất lượng của các mặt cắt khi gia công. Khi tăng khe hở, các vùng biến dạng (Hình 3.20) lớn hơn và bề mặt cắt trở nên thô. Chất lượng mặt cắt có thể được cải thiện bằng cách tăng tốc độ dập; tốc độ có thể lên cao, tới 10-12 m/s. Khi tốc độ tăng, lượng nhiệt sinh ra bởi biến dạng dèo được giới hạn trong một khu vực ngày càng nhỏ hơn. Do đó, vùng bị cắt hẹp hơn và các bề mặt mịn hơn.

Cắt kim loại tấm được thực hiện thông qua các quá trình sau:

#### a) *Dột dập*

Đây là phương pháp phổ biến nhất trong các phương pháp cắt tấm. Sản phẩm có thể là phần chi tiết bị cắt ra hay là phần còn lại của tấm (dập lưỡi). Các hoạt động dập cắt được thực hiện trên máy dập như Hình 3.21.



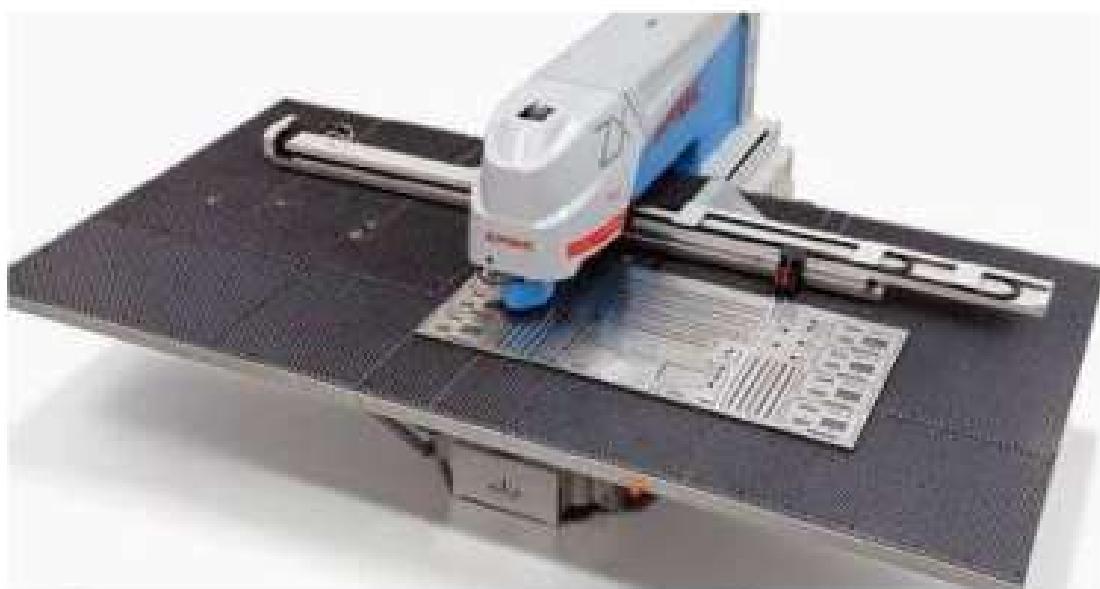
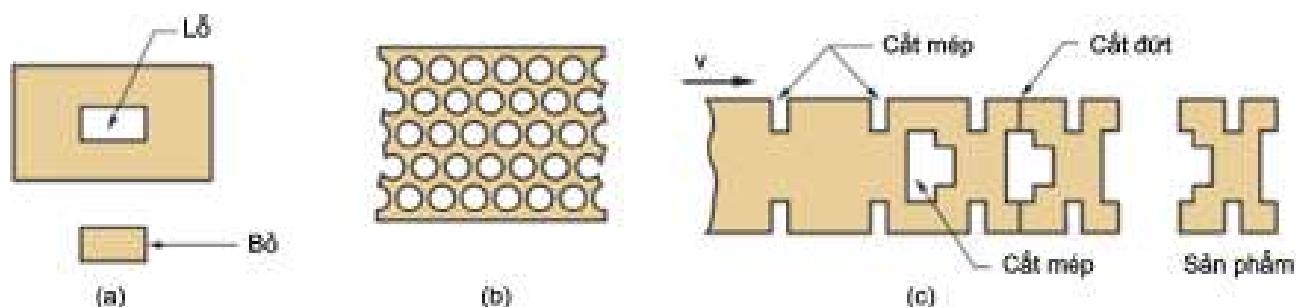
*Hình 3.21 Sản phẩm và máy đột dập*

### b) Cắt bằng khuôn

Đây là một hoạt động cắt mà bao gồm các quá trình cơ bản sau đây:

- **Đột:** đục một số lỗ trong một tấm
- **Cắt rời:** cắt các tấm thành hai hoặc nhiều mảnh khác nhau
- **Cắt mép:** tạo các biến dạng có hình dáng khác nhau.

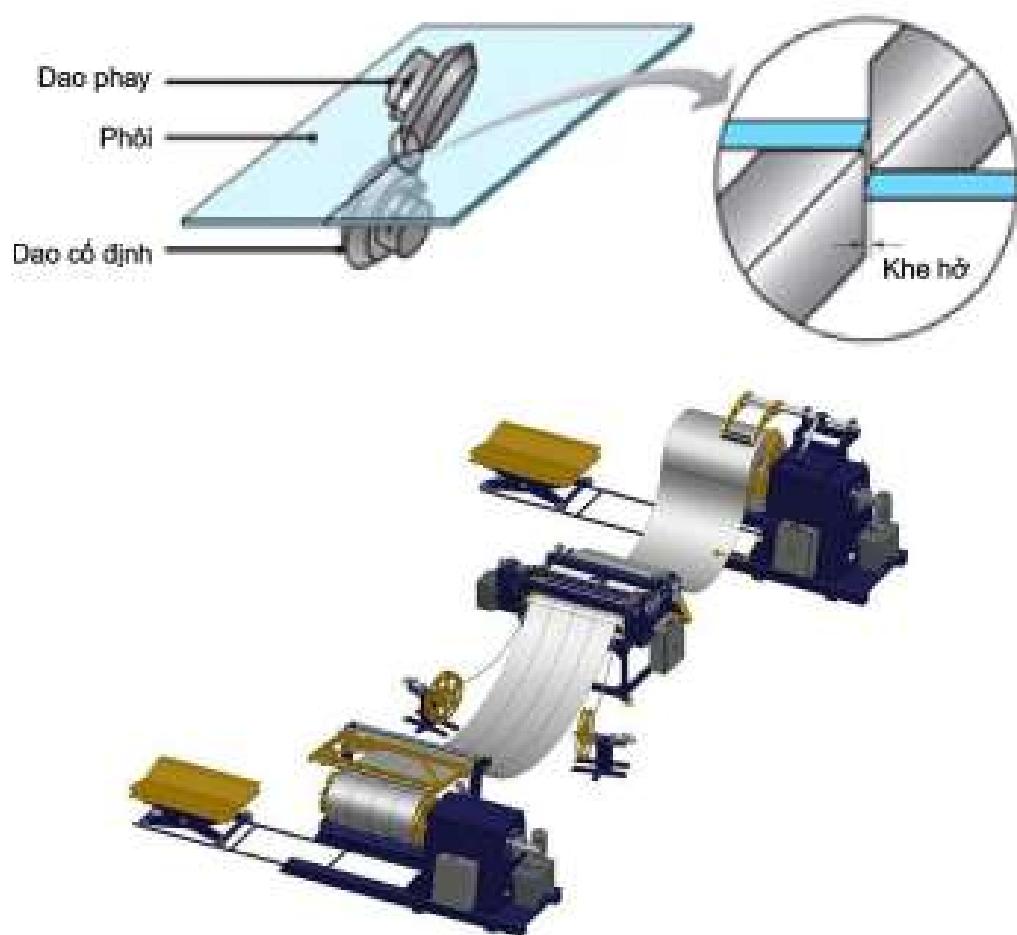
Thông thường các quá trình này được thực hiện trên máy đột dập CNC thông qua các khuôn khác nhau. Sản phẩm và máy thực hiện các quá trình này được mô tả trong Hình 3.22.



**Hình 3.22** Sản phẩm của quá trình cắt bằng khuôn trên máy đột dập CNC

### c) Xá băng

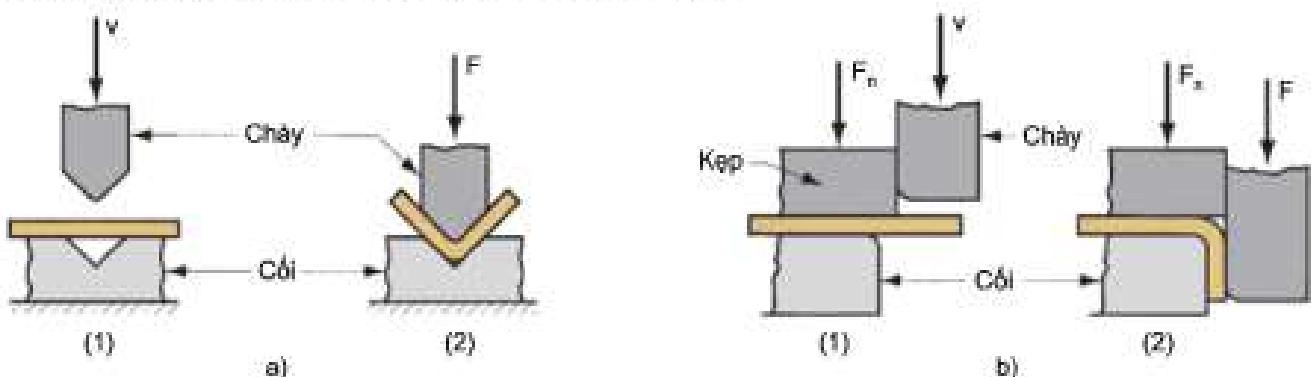
Xá băng là quá trình cắt các đường dọc theo cuộn thép. Thường dùng để giảm kích thước theo chiều rộng của các cuộn kim loại tấm. Hình 3.33 mô tả nguyên lý và máy dùng để xá băng thép.



*Hình 3.23 Thiết bị và dụng cụ xà bắng thép*

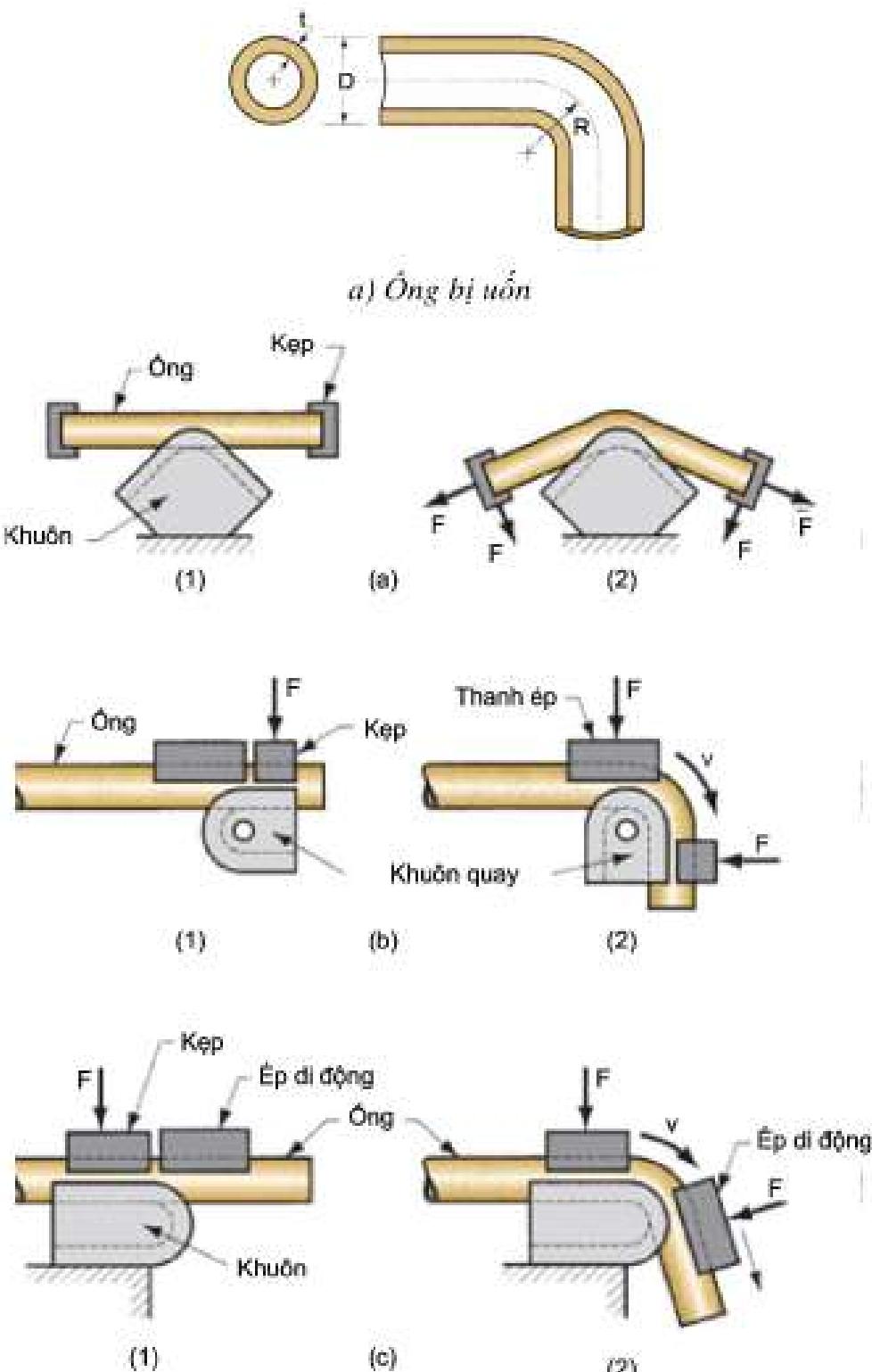
### 3.5.2 Uốn tấm và uốn ống

Uốn là một trong những quá trình gia công tấm phổ biến nhất. Phương pháp này được dùng rất phổ biến trong công nghiệp ô tô, dùng để định hình vỏ ô tô. Ngoài ra, uốn còn được dùng để tăng độ cứng cho các chi tiết mỏng. Một số nguyên lý uốn tấm cơ bản được mô tả trên Hình 3.24. Thông thường tấm được uốn bằng khuôn, trong đó có một khuôn cố định và một khuôn di động. Hình 3.24a uốn bằng khuôn chữ V, dưới tác động lực của khuôn trên, tấm thép bị biến dạng và tạo hình nhờ khuôn dưới. Trong khi đó Hình 3.24b mô tả phương pháp uốn mép, tấm thép được giữ cố định với khuôn dưới, khi khuôn trên dịch chuyển xuống làm tấm thép bị uốn cong.



*Hình 3.24 Phương pháp uốn tấm*

Uốn ống là quá trình uốn cong các ống kim loại với các bán kính cong khác nhau. Thường sử dụng một trong ba nguyên lý được mô tả trong Hình 3.25. Hình 3.25 mô tả nguyên lý của quá trình uốn ống thép, thông thường để uốn ống thép cần có ba bộ phận, một bộ phận tạo hình với đường kính mong muốn, một bộ phận kẹp và một bộ phận di chuyển tạo lực ép. Bằng cách phối hợp chuyển động của ba bộ phận này, ta có ba kiểu uốn ống thường gặp như trên.



b) Một số nguyên lý uốn ống khác nhau

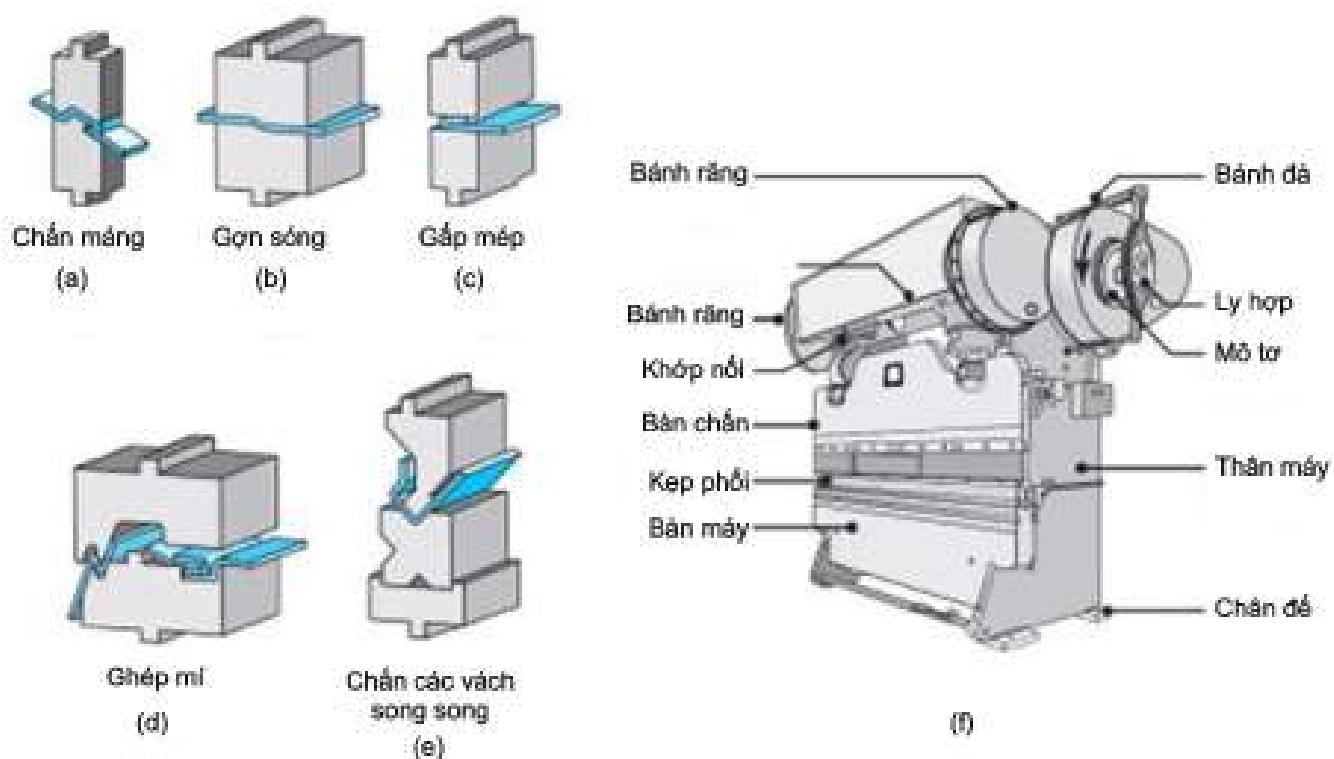


*Hình 3.25 c) Máy uốn ống trong công nghiệp*

Thông thường uốn tám và uốn ống được thực hiện thông qua các quá trình sau đây:

*a) Chấn trên máy chấn*

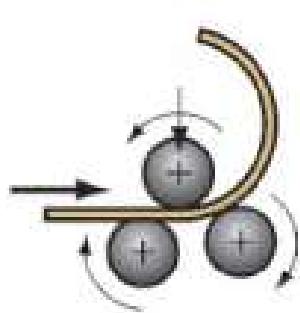
Tám kim loại có thể được uốn cong một cách dễ dàng khi sử dụng máy chấn. Lá thép hoặc dài hẹp có chiều dài đến 7m được chấn định hình dễ dàng trên máy chấn như Hình 3.26. Máy chấn được dẫn động bằng cơ khí hoặc thủy lực và đặc biệt thích hợp cho sản xuất nhỏ. Dụng cụ dùng trên máy chấn có hình dáng đơn giản, chuyển động chỉ bao gồm lên và xuống. Ngoài ra, quá trình này có thể được tự động hóa dễ dàng nhằm làm giảm chi phí và nâng cao năng suất. Vật liệu làm khuôn của máy chấn có thể làm từ gỗ cứng (đối với vật liệu có độ bền thấp). Tuy nhiên, thép cac-bon hoặc thép làm khuôn được sử dụng phổ biến nhất.



*Hình 3.26 Các hình từ (a) đến (e) minh họa các kiểu uốn tám khác nhau trên máy chấn  
(f) mô tả một máy chấn*

### b) Uốn trên máy dùng ba con lăn

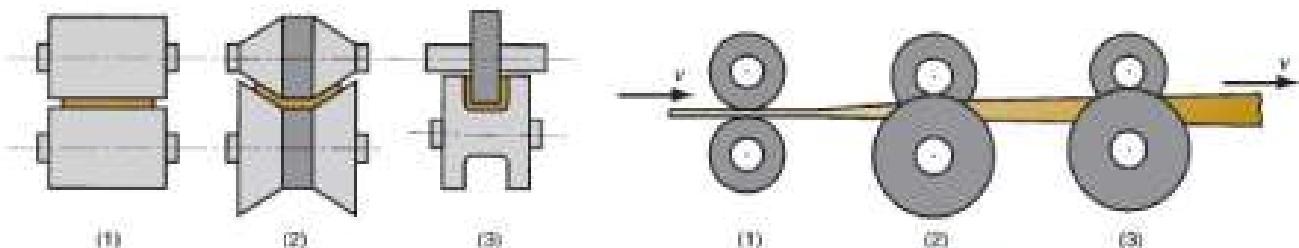
Trong quá trình này (Hình 3.27), tấm hoặc ống được uốn cong bằng cách sử dụng một tập hợp ba con lăn. Bằng cách hiệu chỉnh khoảng cách giữa ba con lăn, sẽ làm thay đổi bán kính của phôi cần uốn.



Hình 3.27 Uốn tấm trên các con lăn

### c) Cán sóng

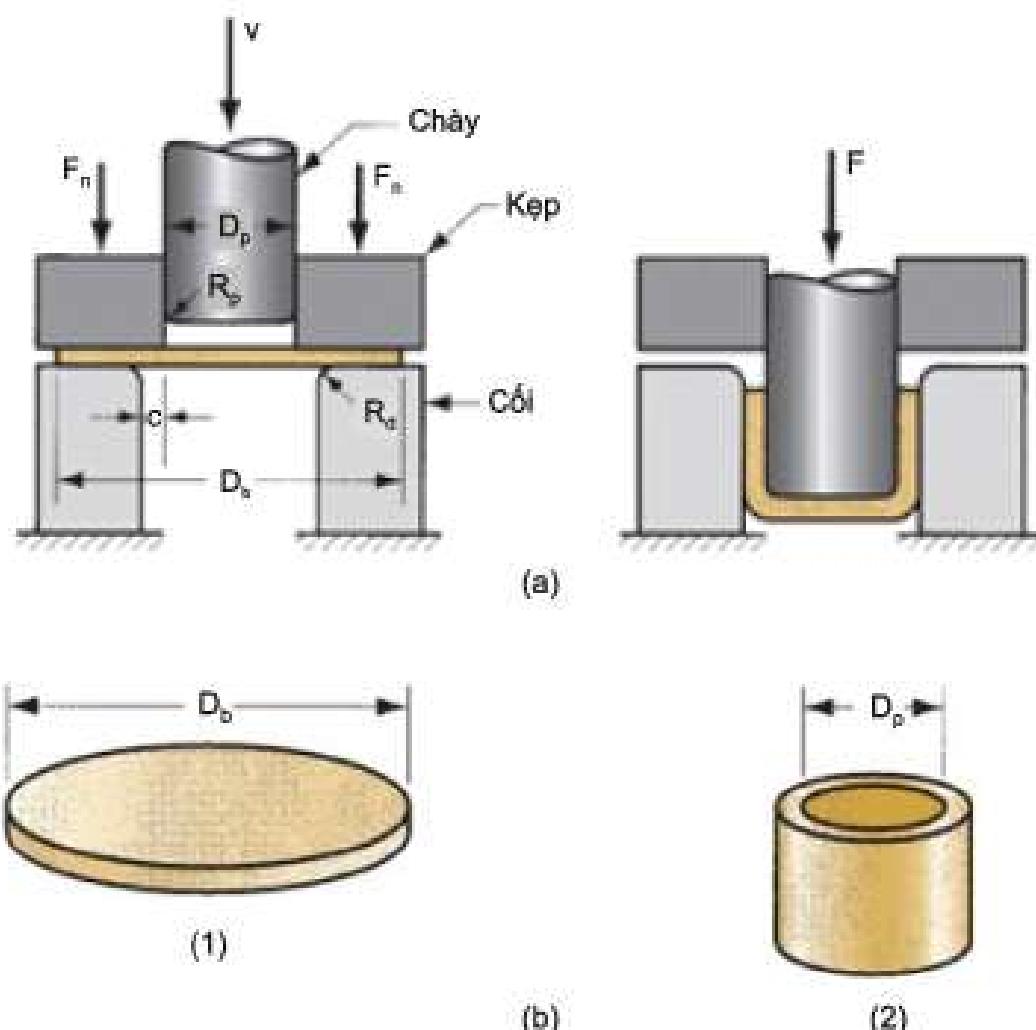
Từ tấm phẳng qua các cặp con lăn, cán thành các sản phẩm có tiết diện khác nhau. Cán thường được sử dụng để tạo thành các sản phẩm như ống thép có tiết diện hình tròn, vuông, chữ nhật hay các hình dáng bất kỳ từ tấm thép. Hình 3.28 mô tả quá trình cán sóng để tạo ra chi tiết có tiết diện hình chữ U, thường máy gồm nhiều cặp con lăn qua mỗi cặp thép được cán thành một hình trung gian cho đến khi tạo được hình mong muốn.



Hình 3.28 Nguyên lý và máy cán sóng quá trình cán sóng

### 3.5.3 Dập vuốt

Nguyên lý được mô tả ở Hình 3.29 a, trong đó phôi được kẹp chặt vào khuôn dưới và đòn kẹp phía trên. Chày trên di chuyển xuống với tốc độ phù hợp. Dưới tác dụng của lực khuôn trên, kim loại bị biến dạng dẻo - làm cho mỏng - và tạo thành sản phẩm như Hình 3.29b. Phương pháp này ứng dụng để sản xuất chi tiết trụ tròn có chiều cao lớn, vật liệu chủ yếu bằng nhôm, như các lon nước giải khát.

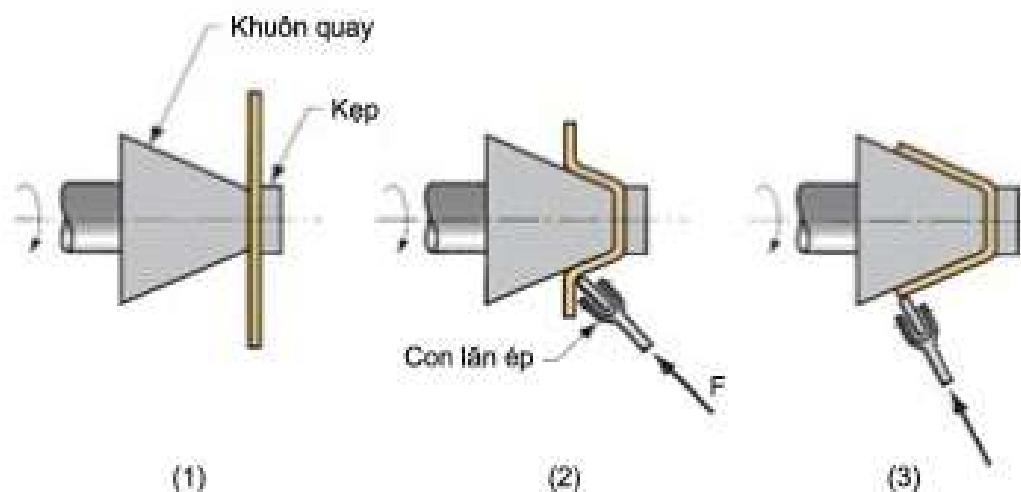


Hình 3.29 Quá trình dập vuốt

a) Nguyên lý; b) Sản phẩm

### 3.5.4 Miết

Một số chi tiết dạng tròn xoay được gia công bằng phương pháp miết. Hình 3.30 mô tả nguyên lý của phương pháp miết. Trong đó, phôi được gắn chặt vào khuôn quay tròn, một dụng cụ miết, chuyển động dọc theo trục khuôn, ép bề mặt ngoài vào khuôn, kết quả thu được sản phẩm có hình dạng của khuôn. Hạn chế của phương pháp này là năng suất thấp và chi miết được sản phẩm có đường sinh thẳng.



*Hình 3.30a Nguyên lý miết*



*Hình 3.30b Chi tiết đang gia công trên máy miết*



*Hình 3.30c Một số sản phẩm được gia công bằng phương pháp miết*

### Câu hỏi ôn tập Chương 3

- 1) Tại sao các quá trình biến dạng khối được xem là quan trọng về mặt thương mại và công nghệ? Nêu tên bốn quá trình biến dạng khối cơ bản.
- 2) Liệt kê một số sản phẩm được sản xuất bằng phương pháp cán, chỉ ra các loại lực xuất hiện trong quá trình cán và các biện pháp làm giảm chúng.
- 3) Định nghĩa phương pháp rèn, trình bày cách phân loại phương pháp rèn, gọi tên các phương pháp rèn theo từng cách phân loại.
- 4) Định nghĩa phương pháp đùn, giải thích sự khác nhau giữa đùn trực tiếp và gián tiếp, chỉ ra một số sản phẩm được chế tạo bằng phương pháp đùn.
- 5) Định nghĩa phương pháp kéo, giải thích các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng quá trình kéo, cho thí dụ điển hình sản phẩm của quá trình kéo.
- 6) Xác định 3 phương pháp chính trong quá trình gia công kim loại tấm, phân tích điều kiện vật liệu, hình dáng và tính kinh tế của các phương pháp gia công tấm.
- 7) Nêu các loại máy ép chủ yếu dùng trong gia công tấm và nhược điểm của các loại máy ép trong quá trình gia công tấm.
- 8) Phân biệt quá trình uốn ống và cán ống.

### Tài liệu tham khảo

- [1] *ASM Handbook*, Vol. 14A: *Metalworking: Bulk Forming*. ASM International, Materials Park, Ohio, 2005.
- [2] Avitzur, B. *Metal Forming: Processes and Analysis*. Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, New York, 1979.
- [3] Black, J. T., and Kohser, R. A. *DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing*, 11th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2012.

# *Chương 4*

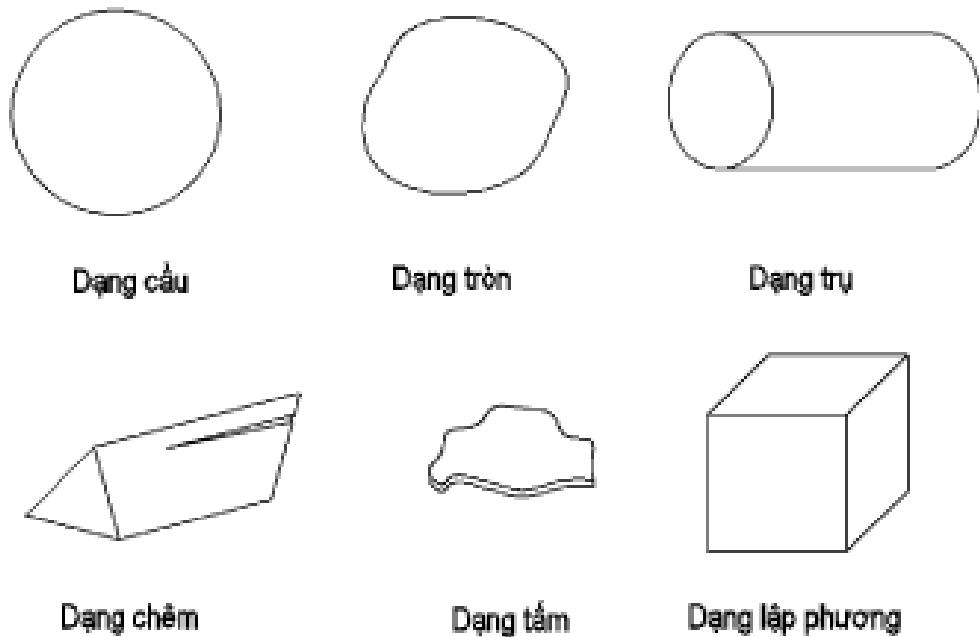
## CÁC QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT SẢN PHẨM TỪ KIM LOẠI BỘT VÀ GÓM SỨ (PARTICULATE PROCESSING OF METALS AND CERAMICS)

Bột kim loại hoặc gốm sứ là những vật liệu ở trạng thái bột, có kích thước nhỏ và độ cứng rất cao. Kích thước của hạt được đo bằng đơn vị micromét ( $\mu\text{m}$ ) tùy thuộc vào công nghệ ứng dụng. Thông thường kích thước từ vài  $\mu\text{m}$  đến vài mm.

### 4.1 ĐẶC TRUNG CỦA BỘT KỸ THUẬT

#### 4.1.1 Đặc trưng hình học

Đặc trưng hình học của hạt muôn chi về kích thước của hạt. Nếu hạt có hình dạng là hình cầu thì một kích thước đủ để đánh giá, còn đối với những hình dạng khác thì cần nhiều kích thước hơn để đánh giá. Trong thực tế, hạt có hình dạng như Hình 4.1.

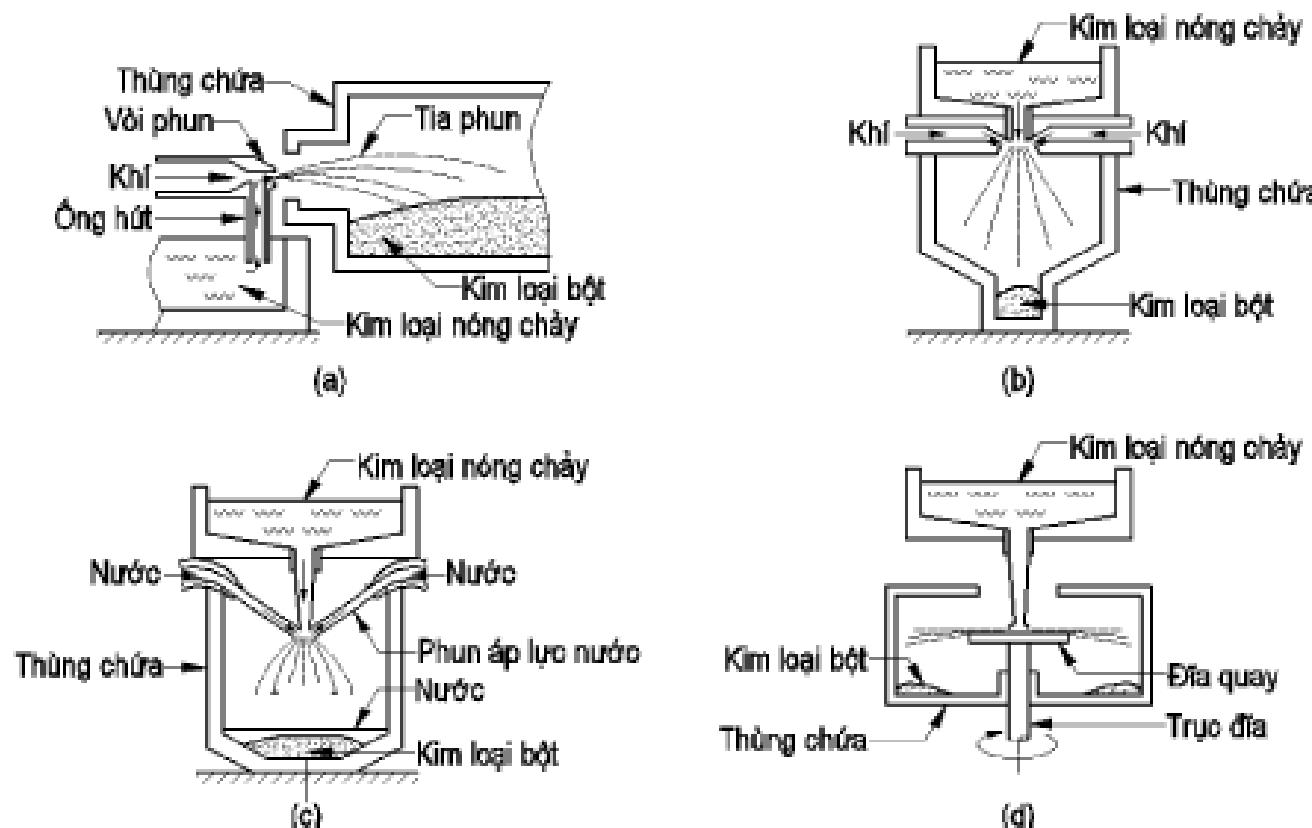


*Hình 4.1 Các dạng hình học của hạt*

Để đánh giá kích cỡ hạt, trong thực tế có nhiều phương pháp được dùng, phương pháp phổ biến nhất là dùng rây (Mesh).

#### 4.1.2 Sản xuất bột kim loại

Bột kỹ thuật được sản xuất từ kim loại và gốm sứ, nó gồm những hạt kim loại hoặc gốm sứ có kích thước rất nhỏ. Trong trường hợp gốm sứ truyền thống, bột được sản xuất bằng nghiền và nghiền từ những vật liệu gốm sứ có trong tự nhiên như là silicat hay thạch anh. Còn đối với kim loại, kim loại bột được sản xuất trên những thiết bị rất đa dạng. Trước đây, thường sản xuất bột kim loại theo phương pháp nghiền, hiện nay, phun tia kim loại nóng dưới áp lực cao vào môi trường ngoài nhanh hay phương pháp điện phân được dùng nhiều.



Hình 4.2 Các phương pháp tạo bột kim loại tiên tiến

### 4.2 QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT SẢN PHẨM TỪ BỘT KIM LOẠI

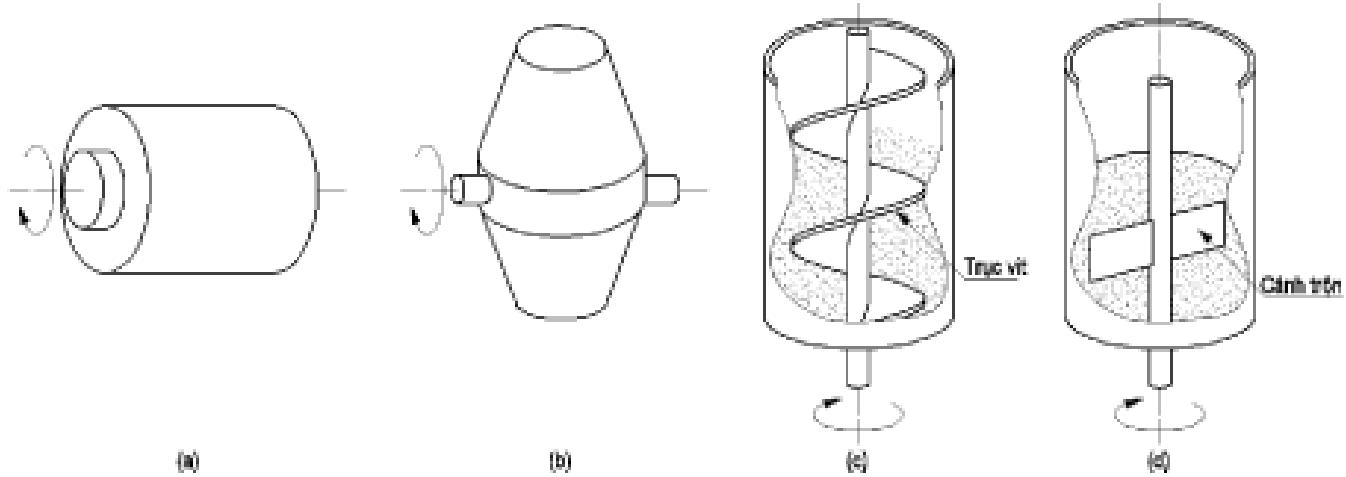
#### 4.2.1 Quá trình khuấy trộn

Để đạt được sự phân bố đồng đều của hỗn hợp hạt từ những loại kim loại và hợp kim khác nhau, ta phải thực hiện quá trình khuấy trộn (Blending and Mixing).

Thông thường bột kim loại và hợp kim được khuấy trộn bằng phương pháp cơ. Hình 4.3 giới thiệu một số kết cấu khác nhau. Có 4 kiểu thường dùng trong thực tế:

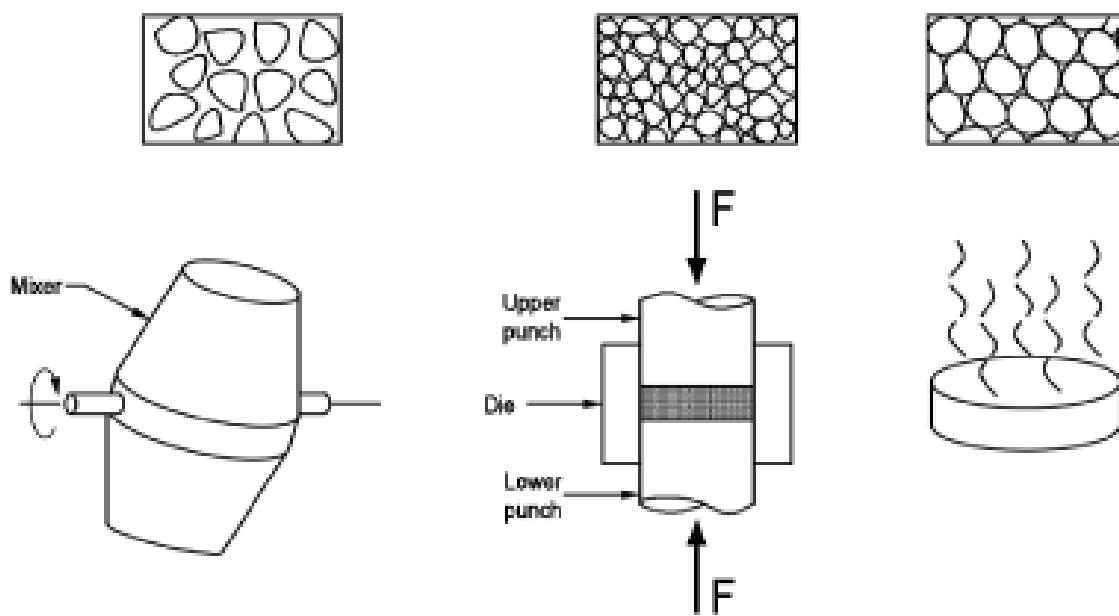
- a) Thùng quay
- b) Tang trống có côn hai đầu
- c) Kiểu trộn xoắn vít
- d) Trộn bằng cánh đảo.

Lượng nguyên liệu chứa trong thùng thông thường hiệu quả nhất chiếm từ 20% đến 40% dung tích của thùng. Khi trộn kim loại, thông thường người ta cho thêm một số phụ gia như chất bôi trơn (lubricant) như là: kẽm, nhôm với một lượng nhỏ để giảm ma sát giữa các hạt và giữa hạt với thành thùng. Trong một số trường hợp để tăng độ bền định kết người ta còn cho thêm một số chất khác dưới dạng keo nhưng không dùng khi chi tiết tiếp tục được thiêu kết.



*Hình 4.3 Một số kết cấu khuấy trộn*

Quy trình sản xuất các chi tiết từ kim loại và hợp kim bột thường theo các bước thuần tự sau:



*Hình 4.4 Quy trình sản xuất chi tiết từ bột kim loại*

#### 4.2.2 Ép tạo hình (Pressing)

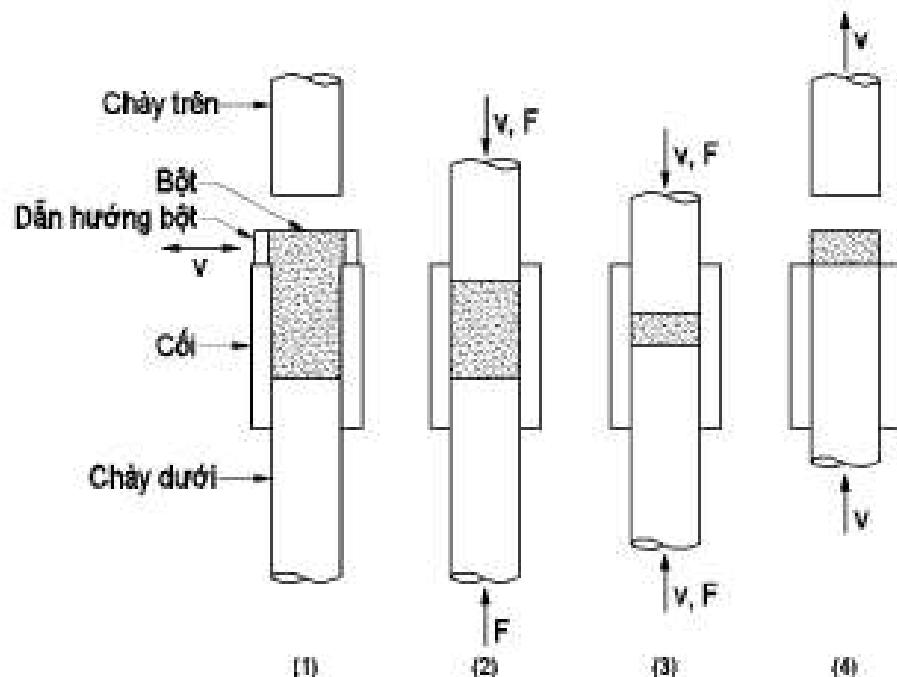
##### I) Ép nén truyền thống

Bột kim loại được ép thành những hình dạng mong muốn, ví dụ như Hình 4.5.

Kim loại ban đầu dạng bột từ kim loại hoặc gốm sứ được ép và thiêu kết, đầu tiên được lèn chặt vào khuôn sau đó được gia nhiệt để các hạt dễ liên kết với nhau.

Trong giai đoạn này, người ta quan tâm đến **độ chật** (Compaction)

Để đạt được độ chật cao, thông thường ở các phương pháp truyền thống, người ta tăng lực ép

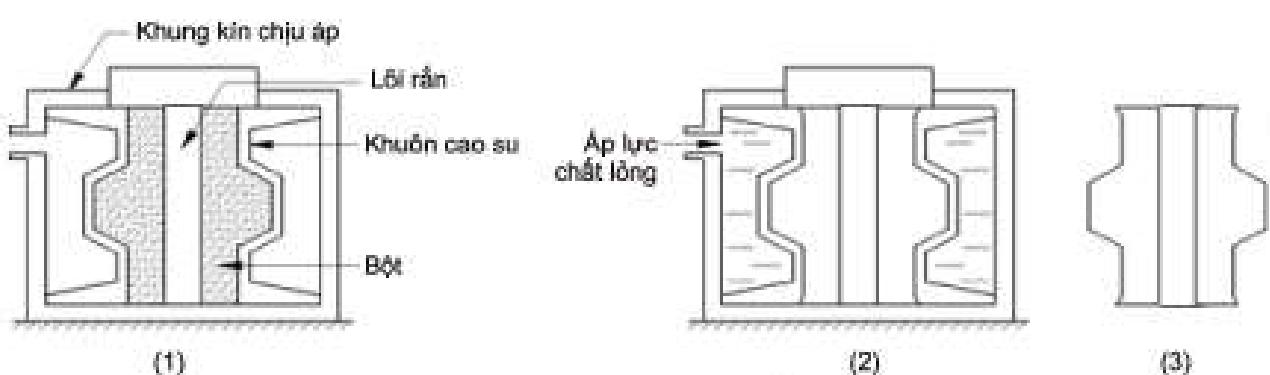


*Hình 4.5 Quá trình ép tạo hình chi tiết dạng trụ*

## 2) Ép nén đẳng hướng (Isostatic Pressing)

Trong ép nén truyền thống, lực ép chỉ tác dụng theo một hướng (thường là thẳng đứng), do vậy chỉ áp dụng cho các chi tiết trụ tròn xoay. Đối với chi tiết phức tạp, không thể áp dụng phương pháp này. Ta phải sử dụng phương pháp ép đẳng hướng tức là lực ép tác dụng theo mọi hướng thông qua khuôn chất dẻo.

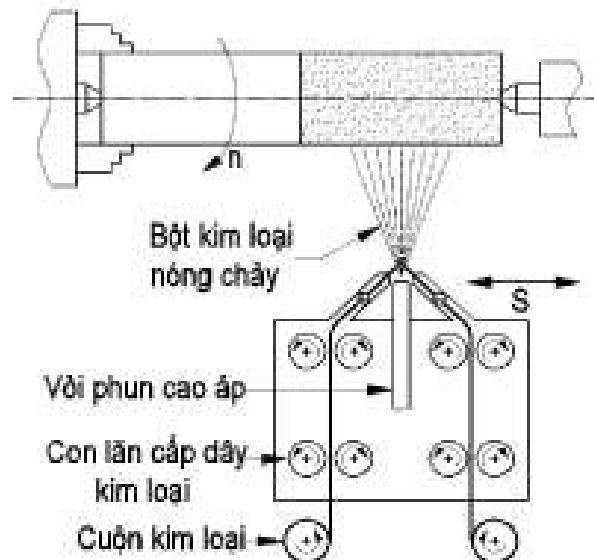
Ví dụ trên Hình 4.6 minh họa cho phương pháp ép này.



*Hình 4.6 Phương pháp ép đẳng hướng*

### 4.2.3 Tạo hình bằng phun bột kim loại nóng chảy

Đối với các chi tiết bị mòn ví dụ cổ trực tiếp xúc với ô trượt, ta dùng phương pháp phun kim loại để phục hồi lại cổ trực này. Các bước công nghệ chính cần tiến hành khi sử dụng phương pháp này như Hình 4.7.

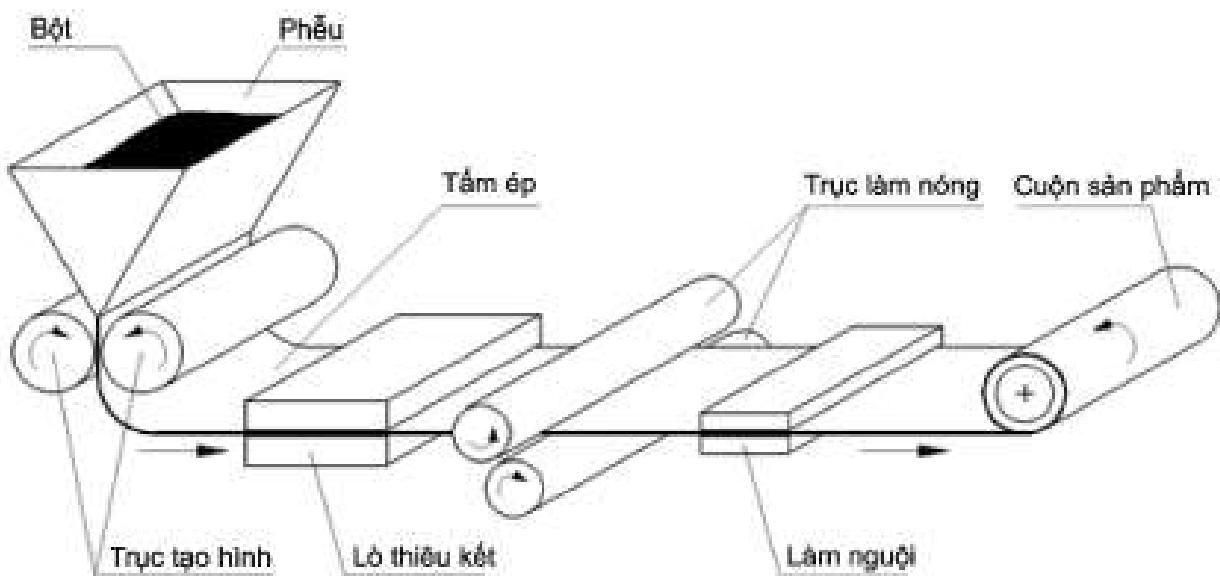


**Hình 4.7 Phương pháp phun kim loại**

Phun phủ kim loại là công nghệ thường dùng để tạo ra một lớp bề mặt để trang trí, lớp bảo vệ hay lớp chịu lực dưới tác động của môi trường khí quyển không thuận lợi, hoặc để phục hồi các trục bị mòn trong quá trình sử dụng.

Nguyên lý của phun phủ là các phần tử kim loại được đốt cháy nhờ dòng điện có cường độ lớn (tương tự hàn hồ quang). Các hạt kim loại sau khi nóng chảy sẽ được dòng khí có áp lực lớn phun vào bề mặt đã được xử lý trước. Dưới áp lực của không khí hoặc hỗn hợp khí cháy, các phần tử kim loại chuyển động với tốc độ rất cao, bắn lên bề mặt đã được làm sạch của vật cần phủ, như vậy sẽ tạo ra một lớp kim loại dày phủ lên trên. Phun phủ kim loại có thể phủ được các kim loại nguyên chất, các hợp kim của chúng lên bề mặt kim loại hoặc lên các bề mặt cứng khác như gốm sứ, bê tông, gỗ,...

#### 4.2.4 Tạo hình sản phẩm dạng tấm

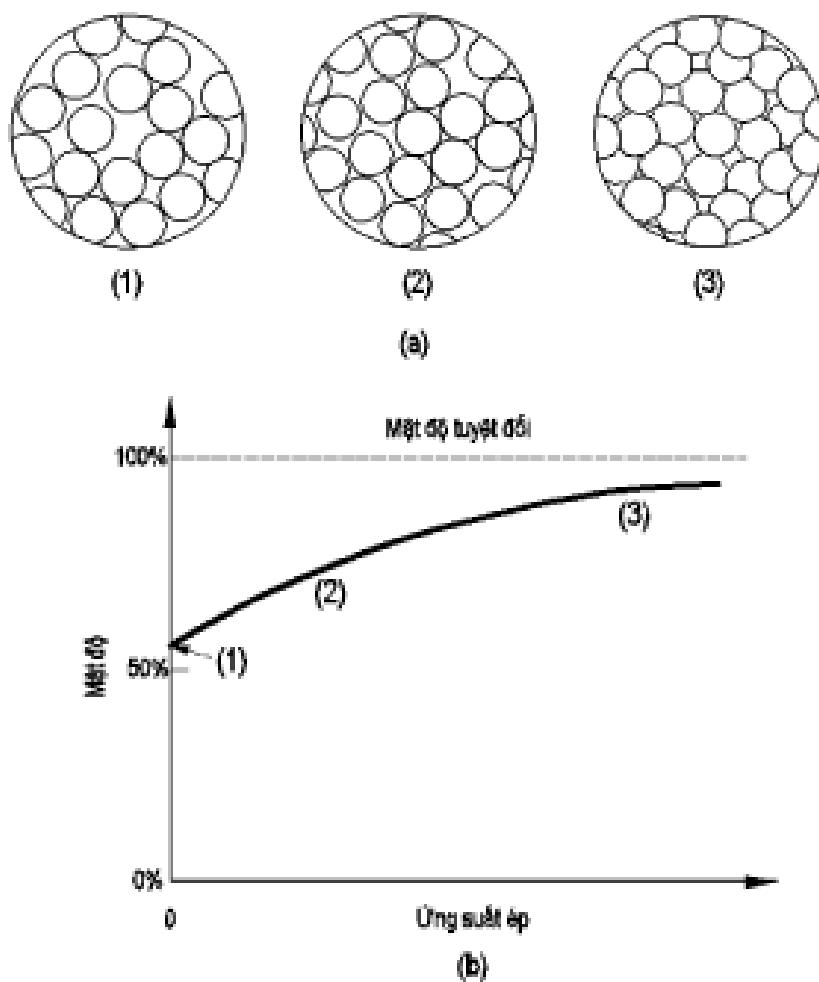


**Hình 4.8 Quá trình ép tạo hình sản phẩm dạng tấm**

#### 4.2.5 Giai đoạn thiêu kết (sintering)

Sau khi ép, ta thu được hình dạng chi tiết yêu cầu, tuy nhiên mẫu sau ép, độ bền và độ cứng của mẫu còn thấp, ta phải chuyển sang giai đoạn thiêu kết (sintering). Đây là nguyên công xử lý nhiệt để gắn kết các hạt kim loại với nhau và từ đó tăng độ bền, độ cứng. Quá trình thay đổi tiếp xúc giữa các hạt khi thiêu kết được minh họa như Hình 4.9a.

Dùng kính hiển vi, ta quan sát thấy: Ban đầu của quá trình thiêu kết, các hạt chỉ tiếp xúc điểm, sau đó tiếp xúc đường và cuối cùng là tiếp xúc mặt, các lỗ giữa các hạt giảm xuống. Khi thiêu kết, nhiệt độ thiêu kết thường vào khoảng 0,7 - 0,9 nhiệt độ nóng chảy của vật liệu và phương pháp này thường được gọi là thiêu kết ở trạng thái rắn (solid-state-sintering). Đồ thị thiêu kết phụ thuộc thời gian và nhiệt độ được minh họa như Hình 4.9b.



**Hình 4.9 Giai đoạn thiêu kết**

a) Quá trình thay đổi tiếp xúc giữa các hạt khi thiêu kết; b) Đồ thị thiêu kết

#### 4.2.6 Quá trình ép hiệu chuẩn

Sau khi thiêu kết, hình dạng của chi tiết có thay đổi, mặc khác mật độ cấu trúc của các hạt thực sự chưa đạt tới giới hạn mong muốn.

Để tăng mật độ và độ chính xác của sản phẩm, ta tiếp tục thực hiện nguyên công ép hoàn thiện. Nguyên công này được thực hiện bằng ép trong khuôn có chày nén, chi

tiết sau khi thiêu kết có kích thước không chính xác theo thiết kế. Đối với một số chi tiết đủ dẻo có thể tiến hành ép hiệu chuẩn để đưa chi tiết đến kích thước chính xác. Công nghệ ép hiệu chuẩn tiến hành bằng cách ép chi tiết đã thiêu kết trong một khuôn tương ứng với kích thước chính xác của chi tiết. Lực ép hiệu chuẩn thường cao hơn ép tạo hình từ 30÷50%. Sau khi ép hiệu chuẩn, ngoài việc chi tiết có kích thước chính xác, còn làm cho các lỗ xốp trong vật liệu bị dẹp lại do đó làm giảm độ xốp và tăng độ bền. Khuôn để ép hiệu chuẩn thường được làm bằng hợp kim cứng hoặc thép hợp kim có độ bền cao. Khi thiết kế chú ý tới việc lấy chi tiết ra khỏi khuôn. Ngoài ra cần chú ý tới độ xốp còn lại sau khi ép hiệu chuẩn vì lượng dầu bôi trơn chứa trong các lỗ xốp cần đủ và khi ép không được làm tắc nghẽn sự lưu thông của lỗ xốp (đối với vật liệu chống mài mòn tự bôi trơn). Sau quá trình ép nguyên liệu chuẩn, chi tiết được làm sạch, mài bóng và những nguyên công tiếp theo nếu cần.

#### **4.3 NHỮNG VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM KHI THIẾT KẾ SẢN PHẨM TỪ VẬT LIỆU BỘT**

Công nghệ luyện kim bột được ứng dụng để sản xuất một số chi tiết (sản phẩm) nhất định.

- Tùy thuộc vào kết cấu của sản phẩm mà ứng dụng phương pháp ép nén truyền thống theo một hướng nhất định hay ép *đẳng* hướng (lực tác dụng theo mọi hướng).
- Sau khi thực hiện nguyên công thiêu kết, kích thước cũng như hình dạng có sự thay đổi (thực tế thường xảy ra hiện tượng co rút), do vậy cần phải tính toán kích thước khi thiết kế để bù đắp cho sự thiếu hụt kích thước do nguyên công thiêu kết và ép hoàn thiện gây ra.

#### **4.4 ỨNG DỤNG**

- 1) Sản xuất hợp kim cứng (carbide): để sản xuất dụng cụ cắt gọt có tính chịu nhiệt và độ cứng cao (tới 1000°C), tốc độ cắt đến hàng trăm m/ph. Để chế tạo mảnh hợp kim cứng, người ta dùng bột WC, TiC, TaC và một lượng nhỏ côban làm chất kết dính. Trong thực tế hợp kim cứng có loại một các bít, phổ biến nhất là WC. Những mảnh hợp kim cứng có hình dạng khác nhau tùy công dụng và được gọi tên chung là Insert. Trước đây mảnh hợp kim cứng thường được hàn vào thân dao, ngày nay, nó được gá vào thân của dụng cụ cắt bằng bu lông hoặc chêm.
- 2) Vật liệu làm đá mài bằng kim cương, đá mài bằng hợp kim cứng: dùng các vật liệu siêu cứng như kim cương nhân tạo hoặc nitrir bo BN. Chất kết dính là bột B, Be hoặc Si. Ép nóng dưới áp lực và nhiệt độ cao hoặc rất cao tùy thuộc vào yêu cầu công nghệ.
- 3) Vật liệu mài: dùng bột SiC, chất kết dính là nhựa hữu cơ hay gỗm thủy tinh.
- 4) Vật liệu kết cấu trên cơ sở nhôm và hợp kim nhôm (SAP; SAAP) hoặc trên cơ sở sắt và thép, hoặc trên cơ sở đồng và hợp kim đồng.

- 5) Chế tạo thép gió theo phương pháp kim loại bột có thể tạo ra mác thép gió hợp kim hóa cao và dụng cụ có hình dạng phức tạp. Độ bền cao hơn so với phương pháp cốt điện 1,5 - 3 lần.
- 6) Bạc xốp tự bôi trơn: dùng bột đồng hoặc sắt và một lượng nhỏ grafit. Người ta chế tạo bạc có độ xốp 10-25% và cho thấm dầu nhớt trong chân không ở nhiệt độ khoảng 70°C.
- 7) Chế tạo vật liệu ghép từ những vật liệu có tính chất khác biệt, một số loại vật liệu mới.

### Câu hỏi ôn tập Chương 4

- 1) Nêu những ưu và nhược điểm của phương pháp luyện kim bột.
- 2) Trình bày quy trình công nghệ chế tạo mảnh hợp kim cứng (Insert) cho dao tiện ngoài.
- 3) Các bước cần thiết để chế tạo một chi tiết bạc bằng bột đồng
- 4) Nêu các ứng dụng cụ thể của công nghệ luyện kim bột.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, John Wiley& Sons, Inc., fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Serope Kapakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, Sixth Edition in SI Units, Prentice Hall.

# *Chương 5*

## CÁC QUÁ TRÌNH BÓC TÁCH KIM LOẠI TRUYỀN THỐNG (TRADITIONAL METAL MACHINING PROCESSES)

### 5.1 KHÁI NIỆM

Các quá trình bóc tách vật liệu là các phương pháp được dùng để tách lớp vật liệu dư thừa trên bề mặt phôi sao cho hình dạng cuối cùng là chi tiết có hình dạng và độ chính xác mong muốn. Những quá trình quan trọng nhất trong loại này là các nguyên công cắt gọt tiện, khoan và phay. Để thực hiện nguyên công cắt gọt, chúng ta cần có máy (thường gọi là máy cắt) và dụng cụ (thường gọi là dao cắt). Dao cắt phải có hình dạng thích hợp, độ cứng nguội và nóng phải cao hơn độ cứng của vật liệu gia công. Thuật ngữ máy cắt gọt thường đi kèm dụng cụ “machine-tool” nói lên tầm quan trọng của dụng cụ cắt khi thực hiện nguyên công cắt gọt.

### 5.2 DỤNG CỤ

Các nguyên công cắt gọt luôn luôn được thực hiện với dụng cụ đi kèm. Trong quá trình gia công, lực cắt lớn, nhiệt cắt cao đã tạo ra một môi trường làm việc rất khốc liệt cho dụng cụ. Trong quá trình cắt, nếu dụng cụ không chịu được lực và nhiệt độ thì sẽ bị hư hỏng ngay hoặc bị mòn nhanh chóng, không đáp ứng được các chỉ tiêu về chất lượng và kinh tế của quá trình gia công.

Công nghệ dụng cụ cắt gồm hai vấn đề cơ bản: hình học dụng cụ cắt và vật liệu chế tạo dụng cụ. Nội dung đầu tiên liên quan đến tối ưu thông số hình học dụng cụ cắt phù hợp với vật liệu và nguyên công cụ thể. Nội dung thứ hai liên quan đến nghiên cứu phát triển vật liệu sao cho trong quá trình gia công có thể chịu được nhiệt cắt, lực cắt lớn và khả năng chịu mài mòn.

Ngoài ra trong quá trình cắt gọt, ảnh hưởng của chất bôi trơn, làm nguội cũng đóng vai trò rất quan trọng, quyết định đến hiệu quả kinh tế và chất lượng gia công. Trong chương này, các vấn đề nêu trên được trình bày chi tiết.

#### 5.2.1 Hình học của dụng cụ cắt

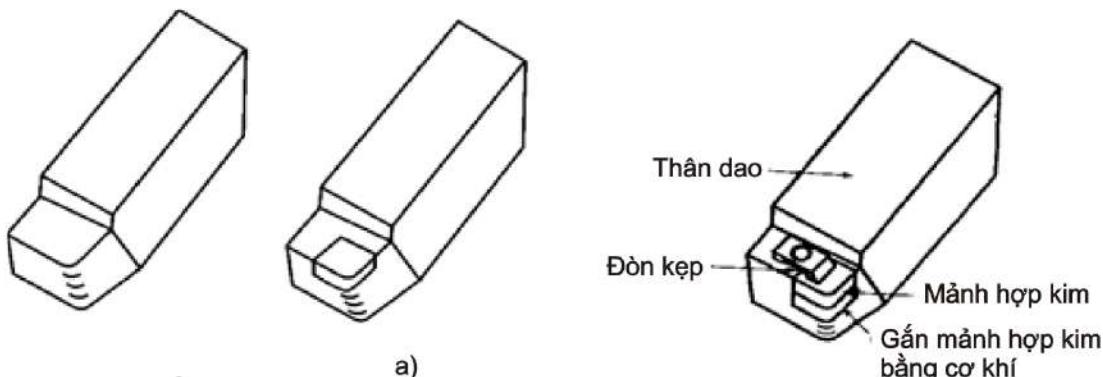
Dụng cụ cắt phải có hình dạng phù hợp với nguyên công cụ thể. Trong thực tế, dụng cụ được phân loại theo phương pháp gia công như dao tiện, dao phay, mũi khoan,...

Dụng cụ cắt có thể phân thành hai loại: dụng cụ đơn (một lưỡi) và dụng cụ nhiều lưỡi. Dụng cụ đơn được dùng khi tiện, bào, xọc. Dụng cụ nhiều lưỡi, ví dụ như mũi khoan, mũi doa, ta rô, bàn ren, dao chuốt,... Phần lớn các phương pháp sử dụng dao nhiều lưỡi có chuyển động quay của dụng cụ. Trong quá trình nghiên cứu cơ lý của quá trình

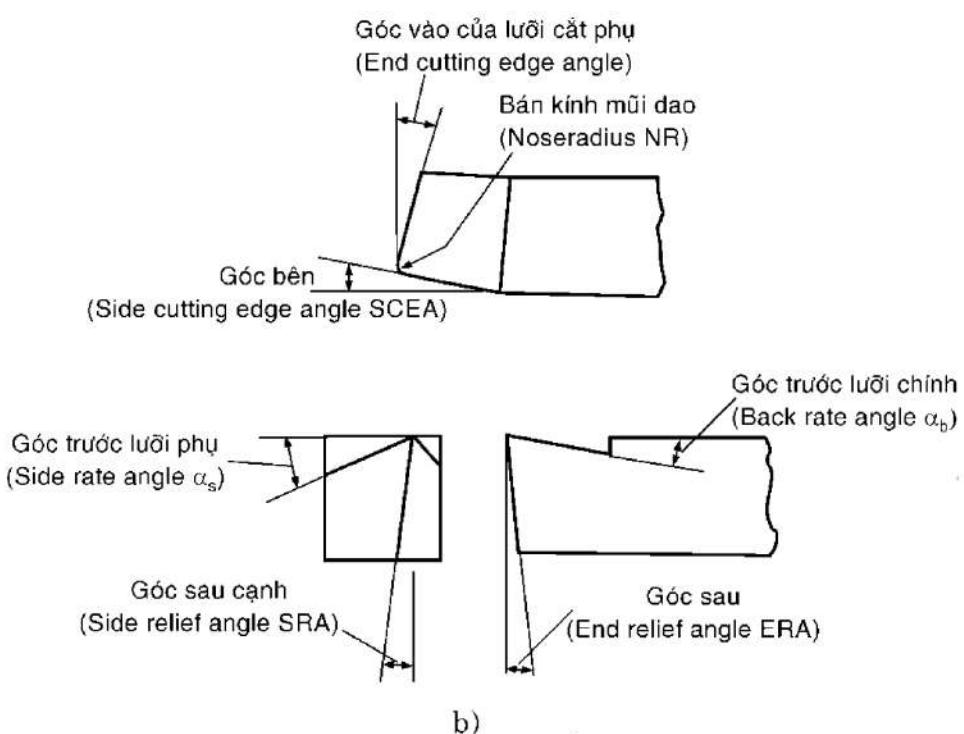
cắt, người ta thường khảo sát trên dụng cụ đơn vì nó đơn giản và tổng quát hóa cho mọi dụng cụ.

### 1) Thông số hình học dụng cụ đơn

Hình dạng tổng quát của dụng cụ đơn được minh họa trên Hình 5.1



**Hình 5.1** Hình dạng của dao tiện đơn và các phương pháp gắn mảnh hợp kim



**Hình 5.2** Bay thông số hình học của dụng cụ đơn

Ở dụng cụ đơn, hướng của mặt trước là được xác định bởi hai góc: góc trước trong tiết diện qua lưỡi cắt chính và vuông góc với mặt đáy (back rake angle) và góc trước trong tiết diện phần lưỡi cắt phụ vuông góc mặt đáy (side rake angle). Những góc này sẽ quyết định hướng thoát phoi trên mặt trước.

Mặt sau của dụng cụ cũng được xác định bởi hai góc: (End relief angle) và (Side relief angle). Những góc này xác định độ lớn của góc sau giữa dụng cụ và bề mặt vừa mới gia công.

Lưỡi cắt của dụng cụ đơn được phân thành hai phần: phần chính (End cutting edge) và phần phụ (Side cutting edge). Hai phần này tách rời nhau bởi mũi dao với bán kính mũi dao. Góc cắt của phần chính lưỡi cắt (Side cutting edge angle) ảnh hưởng tiết diện kim loại khi cắt. Góc cắt của phần phụ lưỡi cắt (End cutting edge angle) tạo ra góc giữa lưỡi đuôi của dụng cụ và bề mặt chi tiết mới được tạo ra từ đó giảm ma sát giữa hai bề mặt này.

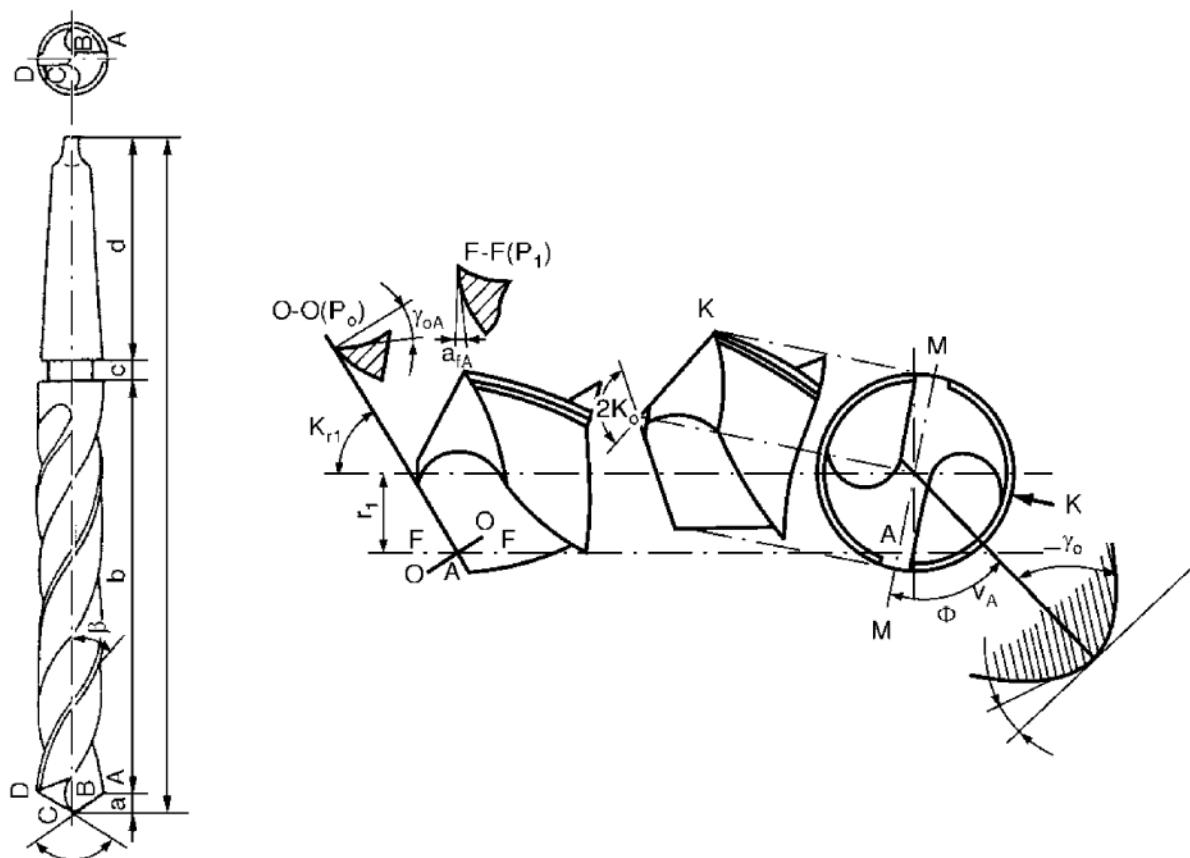
Như vậy, thông số hình học phần cắt dụng cụ cắt đơn gồm 7 thông số như trên. Ngoài ra trong các sách chuyên ngành khác, đi sâu nghiên cứu về dụng cụ người ta có thể giới thiệu các thông số hình học này trong các tiết diện khác nhau.

Ngoài các thông số hình học trên, hiện nay trên các mảnh dụng cụ kiểu mới (insert) người sản xuất thường dập các vân nổi lên hoặc lõm xuống trên mặt trước với mục đích bẻ phoi.

## 2) Dụng cụ cắt nhiều lưỡi

Phần lớn dụng cụ cắt nhiều lưỡi được dùng trong các nguyên công cắt gọt với dụng cụ quay, ví dụ như trong nguyên công khoan, khoét, doa hoặc phay. Tuy nhiên, trong các chuyển động tịnh tiến vẫn sử dụng dụng cụ nhiều lưỡi ví dụ như chuốt thẳng, cưa,...

Khoan với mũi khoan xoắn ruột gà. Đây là loại dụng cụ phổ biến để gia công lỗ. Đường kính mũi khoan có thể chế tạo từ 0,15mm đến 75mm. Mũi khoan tiêu chuẩn được minh họa trên Hình 5.3.



**Hình 5.3** Thông số hình học tiêu chuẩn của mũi khoan xoắn ruột gà

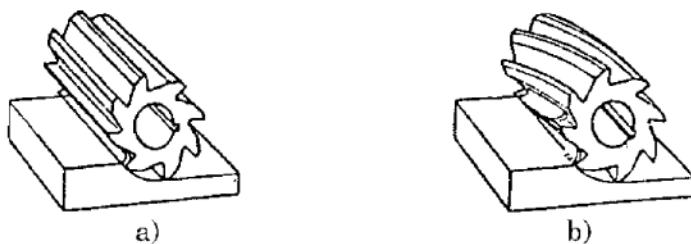
Trên thân của mũi khoan có hai rãnh xoắn (flutes). Góc của các rãnh xoắn này gọi là góc xoắn (helix angle), giá trị của chúng thường khoảng  $30^\circ$ . Các rãnh xoắn này giúp quá trình thoát phoi khi cắt.

Rãnh xoắn ảnh hưởng đến độ cứng vững của mũi khoan, góc xoắn ảnh hưởng đến quá trình thoát phoi. Phần cuối của mũi khoan có dạng hình côn hay còn gọi là góc mũi khoan (point angle). Giá trị điển hình của góc côn này là  $118^\circ$ . Trên góc côn có lưỡi ngang (chisel angle). Nối với lưỡi cắt ngang là hai lưỡi cắt. Phần rãnh xoắn kè liền lưỡi cắt có tác dụng như mặt trước của mũi khoan. Quá trình cắt của mũi khoan xoắn là một quá trình tổng hợp chuyển động quay và tịnh tiến của mũi khoan, tạo ra tốc độ cắt và tạo ra phoi. Tốc độ cắt dọc theo lưỡi cắt thay đổi và là hàm của khoảng cách tới trục quay mũi khoan, tại trục mũi khoan vận tốc bằng không.

Mũi khoan xoắn thường chế tạo từ thép tốc độ cao (HSS - Hight Speet Steel). Các thông số hình học của dụng cụ cắt được tạo ra trước khi nhiệt luyện. Mài được dùng để mài sắc các lưỡi cắt và góc mũi khoan.

### **Dao phay bao gồm**

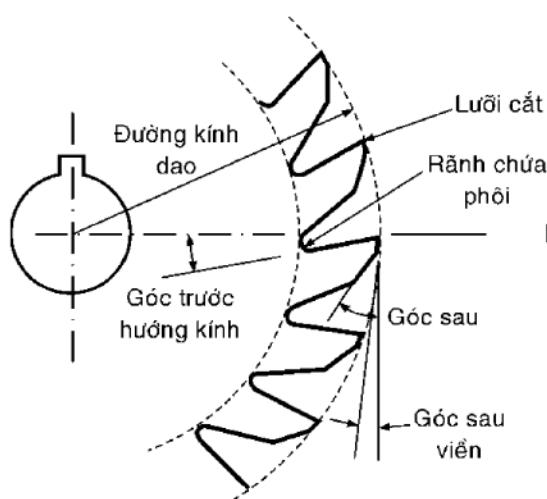
- Dao phay trụ như trên Hình 5.4.



**Hình 5.4 Dao phay trụ**

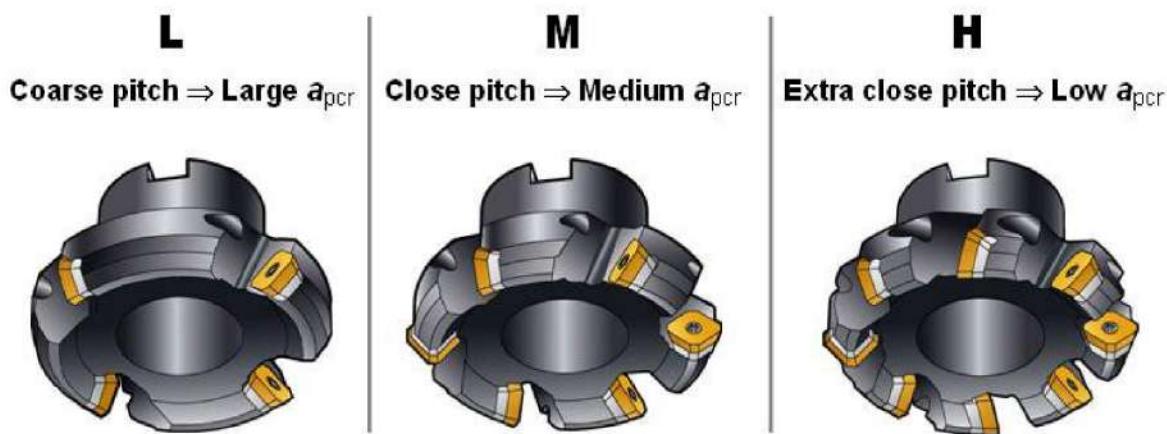
a) Lưỡi cắt thẳng; b) Lưỡi cắt xoắn

Các răng được bố trí trên mặt trụ ngoài của dao và các răng này bố trí trên những đường xoắn để giảm va đập khi vào ăn vật liệu chi tiết gia công. Yếu tố hình học của dao phay trụ được chỉ ra trên Hình 5.5.



**Hình 5.5 Các yếu tố hình học của dao phay trụ 18 răng**

- Dao phay mặt đầu được thiết kế với những răng cắt vật liệu ở lưỡi cạnh cũng như lưỡi hông. Dao phay mặt đầu có thể được thiết kế bằng thép tốc độ cao (HSS) như Hình 5.6a hoặc bằng các mảnh hợp kim ghép (Insert) Hình 5.6b.



$a_{pcr}$  = Critical depth of cut

**Hình 5.6** Dao phay mặt đầu

a) Liền khối; b) Ghép mảnh hợp kim (Insert)

### 5.2.2 Vật liệu chế tạo dụng cụ

Dụng cụ cắt thường được chế tạo từ những vật liệu sau.

#### 1) Thép cacbon dụng cụ

Thép cacbon dụng cụ là loại thép có hàm lượng cacbon từ 0,7 đến 1,5% và một số nguyên tố như:

0,120,4 % Mn

0,100,3 % Si

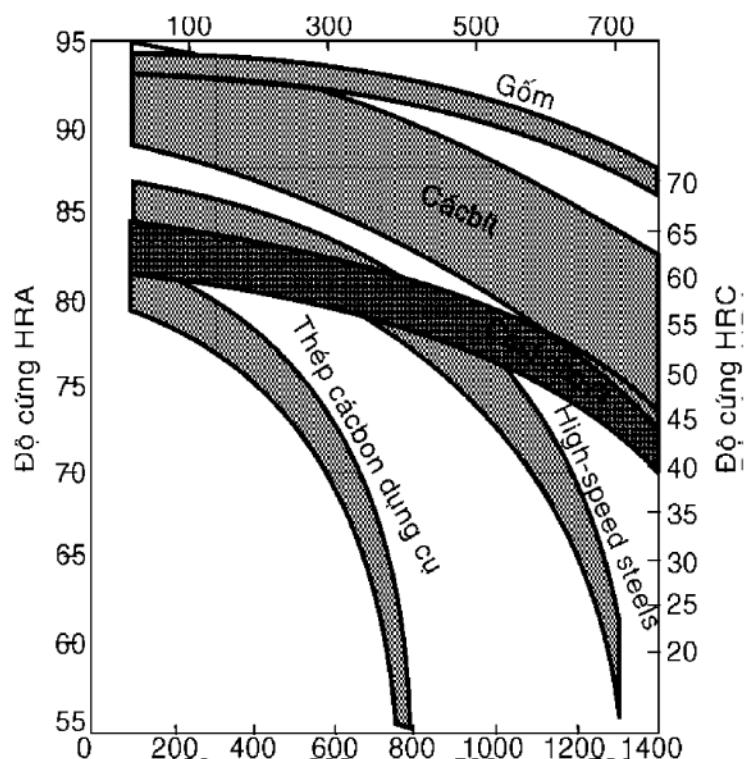
P < 0,03%

và S < 0,025%

Thép cacbon sau khi gia công nhiệt (tôi-ram) đạt độ cứng 60 đến 62 HRC

**Đặc điểm:** Độ thấm tôi thấp, độ chịu nhiệt thấp khoảng 200 đến 250°C, tốc độ cắt thấp (4 đến 5 m/phút).

**Phạm vi ứng dụng:** chế tạo các dụng cụ làm việc với tốc độ thấp như đục, dũa... trong gia công gỗ, ngoài ra còn chế tạo một số dụng cụ gia công kim loại như mũi khoan, dao chuốt, cán ren. Hình 5.7 minh họa quan hệ giữa độ cứng và nhiệt độ của thép cacbon dụng cụ.



**Hình 5.7** Minh họa quan hệ giữa độ cứng nóng và nhiệt độ, của thép cacbon dụng cụ [4]

### 2) Thép hợp kim dụng cụ

Thép có hàm lượng cacbon cao và một số nguyên tố hợp kim có hàm lượng trung bình khoảng 0,5 đến 3% như crom, vonfram, molipden, vanadi,...

**Đặc điểm:** Việc thêm các nguyên tố hợp kim vào thép đã nâng cao được một số tính chất như nâng cao được độ thẩm tôi, chịu mài mòn tốt hơn thép cacbon dụng cụ và cải thiện được độ cứng nóng, nhờ đó vận tốc có thể lấy tăng 20% so với thép cacbon dụng cụ.

**Phạm vi sử dụng:** Thường dùng để chế tạo các loại dụng cụ như dao cạo, dụng cụ gia công gỗ, taro, bàn ren, dao chuốt, khuôn đập,...

### 3) Thép hợp kim dụng cụ đặc biệt

Thép hợp kim dụng cụ đặc biệt, hay còn gọi là thép cắt tốc độ cao (HSS), là thép hợp kim cao của các nguyên tố hợp kim chính như vonfram hoặc molypden và một số nguyên tố khác như crom, vanadi, coban,... làm tăng khả năng của dụng cụ lên rất nhiều: có khả năng tôi với độ sâu khác nhau, chịu mài mòn tốt. Bởi vì nó có độ dẻo và độ bền cao cho nên chịu va đập tốt, do vậy rất thích hợp cho các loại dụng cụ có góc trước dương. Nó vẫn duy trì được độ cứng ở nhiệt độ khoảng 600°C.

Có hai dạng cơ bản của thép hợp kim dụng cụ đặc biệt, đó là nhóm M (nguyên tố hợp kim chính là molipden) và nhóm T (nguyên tố hợp kim chính là vonfram).

Nhóm M chứa tối 10% môlipden và ngoài ra còn có crom, vanadin, vonfram và coban.

Nhóm T chứa đến 18% vonfram và các nguyên tố hợp kim khác như crom, vanadi, coban. Nhóm T thường được gọi là thép gió.

Nhóm M có độ chịu mài mòn cao hơn nhóm T nhưng chịu xoắn kém hơn khi gia công nhiệt (khó tôi–ram hơn nhóm T) và giá thành rẻ hơn nhóm T.

Thép cắt tốc độ cao được dùng rộng rãi cho các nguyên công đòi hỏi dụng cụ có hình dạng phức tạp như mũi khoan, mũi doa, tarô–bàn ren và dụng cụ cắt răng.

**Bảng 5.1 Các loại thép hợp kim đặc biệt (HSS), [5]**

<b>Loại</b>		<b>Thành phần hóa học (%)</b>					
ISO	AISI	C	Co	Cr	Mo	V	W
S <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	0,78		4,0		1,1	18,0
S <sub>2</sub>	M <sub>7</sub>	1,00		4,0		2,0	1,8
S <sub>3</sub>	M <sub>1</sub>	0,82		4,0		1,2	1,7
S <sub>4</sub>	M <sub>2</sub>	0,87		4,0		2,0	6,2
S <sub>5</sub>	M <sub>32</sub>	1,23		4,0	5,0	3,0	6,2
S <sub>6</sub>	T <sub>6</sub>	0,80	10,0	4,0		1,6	18,0
S <sub>7</sub>	T <sub>4</sub>	0,80	5,0	4,0	0,9	1,4	18,0
S <sub>8</sub>	M <sub>36</sub>	0,90	5,0	4,0	5,0	2,0	6,2
S <sub>9</sub>	T <sub>15</sub>	1,53	5,0	4,0	0,9	5,2	12,3
S <sub>10</sub>		1,28	10,0	4,0	3,6	3,3	9,5
S <sub>11</sub>	M <sub>42</sub>	1,13	8,0	4,0	9,5	1,2	1,6
S <sub>12</sub>	M <sub>41</sub>	1,13	5,0	4,0	3,9	2,0	6,9

Thép cắt tốc độ cao được phát triển mạnh mẽ và được cải tiến không ngừng. Nhóm M bắt đầu thay thế nhóm T trong những năm của thập niên 1940. Trong thập niên 1960, người ta có xu hướng tăng thành phần cacbon trong thép và dùng thêm coban. Trong thập niên 1970 thép hợp kim bột xuất hiện với độ dai được cải thiện.

#### 4) Hợp kim cứng

Hợp kim cứng là một loại vật liệu dụng cụ cắt được sản xuất từ công nghệ luyện kim bột và quá trình thiêu kết của hỗn hợp các hạt cứng cácbit và chất dính kết kim loại. Hợp kim cứng đầu tiên dùng làm dụng cụ cắt đã được sản xuất tại Đức từ thập niên 20 gồm cácbit vonfram (WC) với coban làm chất dính kết. Hình dạng kết cấu của phần cắt dụng cụ cũng được phát triển song song với quá trình phát triển của vật liệu. Dụng cụ với mảnh cácbit hàn đã được thay thế bởi loại mảnh lắp ghép và được tạo hình để giúp cho việc bẻ phoi. Các hạt cácbit cứng thường là TiC, WC, TaC và ta gọi là hợp kim cứng một cácbit, hai cácbit hoặc ba cácbit.

Cách phân loại hợp kim cứng tùy thuộc mỗi nước, ví dụ như Liên Xô cũ phân loại theo số loại cacbit, cụ thể là có ba loại:

- Loại một cacbit: phô biến là WC, ví dụ của Liên Bang Nga sản xuất loại BK8 (8% coban và 92% WC)
- Loại hai cacbit: phô biến là WC và TiC, ví dụ của Nga có loại T15K6 (6% coban, 15% TiC, phần còn lại (79%) là WC)
- Loại ba cacbit: gồm WC, TiC và TaC, ví dụ của Nga có loại TT7K12.

Theo tiêu chuẩn ISO, hợp kim cứng được phân loại theo vật liệu gia công thành ba nhóm: nhóm P, nhóm M và nhóm K, tham khảo Bảng 5.2.

**Bảng 5.2 Phân loại nhóm vật liệu dụng cụ theo vật liệu gia công**

P	M	K
Thép, thép đúc, Inox (vật liệu khi cắt có phoi dây)	Thép, thép đúc, thép mangan, hợp kim titan, thép chịu nhiệt	Gang, kim loại màu, chất dẻo (Vật liệu có phoi vụn)

**Bảng 5.3 So sánh phân loại của Mỹ và tiêu chuẩn ISO**

(Nguồn: Manufacturing Engineering and Technology - Serope Kalpakjian, 1989), [4]

Tiêu chuẩn công nghiệp Mỹ	Tiêu chuẩn ISO
C <sub>1</sub>	K30 - K40
C <sub>2</sub>	K20
C <sub>3</sub>	K10
C <sub>4</sub>	K01
C <sub>5</sub>	P30 - P50
C <sub>6</sub>	P20
C <sub>7</sub>	P10
C <sub>8</sub>	P01

Trên mỗi mảnh hợp kim cứng có ghi luôn nhóm phù hợp với vật liệu mà nó sẽ gia công. Mỗi một nhóm lại được phân biệt bằng ký hiệu từ 01 đến 50. Số hiệu nhỏ là ký hiệu loại phù hợp cho gia công với tốc độ cao, tức là loại cứng và chịu nhiệt cao. Loại có số hiệu cao có độ dai lớn phù hợp với điều kiện cắt có va đập.

**Bảng 5.4** Giới thiệu thành phần hợp kim cứng và tính chất cơ lý

Ký hiệu ISO		Loại hợp kim cứng	Ký hiệu Nga	Thành phần hóa học				Độ cứng HRA	Lĩnh vực áp dụng
				WC	TiC	TaC	Co		
K	K01 K05 K20 K30 K40	Một cacbit	BK2	98			2	90,0	Dùng làm dao gia công các loại kim loại màu và hợp kim màu, vật liệu phi kim.
			BK3	97			3	89,0	
			BK3M	97			3	91,0	
			BK6M	94			4	89,5	
			BK6	94			6	88,5	
			BK6B	94			6	87,5	
			BK8	92			8	87,5	
			BK10	90			10	87	
			BK15	85			15	86	
			BK20	80			20	84,5	
			BK25	75			25	83	
P	P101	Hai cacbit	T30K4	66	30		4	42	Dùng gia công thép các loại
	P10		T15K6	79	15		6	40	
	P20		T14K8	78	14		8	89,5	
	P30		T5K10	85	6		9	88,5	
M	P50	Ba cacbit	TT7K12	81	4	3	12	87	Gia công các loại thép có sức bền cao
			TT10K8	88	3	7	8	84	

**Ghi chú:**

1. BK3M hoặc BK6B: chữ B chỉ vofram; chữ K chỉ coban; chữ M ở cuối chỉ độ hạt mịn.
2. Ví dụ:
  - BK15: Số 15 sau chữ K chỉ 15% coban, còn lại 85% WC
  - T5K12B: Chữ B ở cuối chỉ loại hạt to, 12% Co, 5% TiC, còn lại là WC.
  - TT7K12: 12% Co, 7% (TiC + TaC) còn lại là 81% WC.

**Bảng 5.5** Ký hiệu hợp kim cứng theo ISO và một số nước

Nhóm cơ bản (ISO)	Phân nhóm (ISO)	Màu	ROCT 3882-74	Mỹ
P	P01	Xanh	T30K4	C8
	P10		T15k6	C70
	P15		-	-
	P20		T14K8	C7
	P25		T20K9	C60
	P30		T5K10	C6
	P40		-	C50
	P50		T17K12	C5
M	M10	Vàng	TT8K6	-
	M20		TT10K8	-
	M30		BK10	-
	M40		TT7K12	-
K	K01	Đỏ	BK3-M	C4
	K05		BK6-M	-
	K10		-	C3
	K20		BK6	C2
	K30		BK8	C1
	K40		BK15	C1

### 5) Vật liệu có lớp phủ

Trong những năm của thập niên 1980, các nhà sản xuất dụng cụ đã đưa vào ứng dụng loại dụng cụ mới, đó là dụng cụ có lớp phủ. Một lớp vật liệu rất mỏng khoảng 0,003 đến 0,006mm với độ cứng rất cao như titanium nitride (TiN) hoặc titanium aluminium nitride (TiAlN) trên nền của hợp kim đặc biệt (HSS) hoặc hợp kim cứng. Theo số liệu thống kê của hãng Sandvik, hiện nay dụng cụ có lớp phủ chiếm thị phần 70% dụng cụ cắt trên thế giới. Loại vật liệu dụng cụ mới này đã giúp cải thiện khả năng cắt của dụng cụ, đặc biệt, chúng có những tính chất sau:

- Giảm khả năng dính của vật liệu chi tiết lên dụng cụ
- Tăng độ cứng bề mặt của dụng cụ, từ đó giảm mài mòn
- Giảm hệ số ma sát giữa dụng cụ và chi tiết, từ đó giảm lực cắt và khả năng sinh nhiệt.

Tuy nhiên, còn tồn tại một số vấn đề rất khó giải quyết: Quá trình cắt sẽ không tốt nếu xảy ra sứt mẻ lớp phủ tại những vị trí khó phủ.

#### Vật liệu và công dụng của lớp phủ

Vật liệu thường dùng nhất là Titanium-Nitride (TiN), nó có màu vàng thường được phủ lên thép cao tốc hoặc carbide. TiN có độ cứng cao, hệ số ma sát nhỏ, giảm được mài mòn và dính trong quá trình gia công.

Lớp phủ Titanium-Carbide-Nitride (TiCN) có màu xanh xám và độ cứng cao hơn TiN, do đó chịu mài mòn tốt hơn lớp phủ TiN.

Vật liệu phủ Titanium-Aluminum-Nitride (TiAlN) tăng độ cứng nóng, nó có màu tía xám, tính dẫn nhiệt không bằng TiN nhưng rất cứng. Thông thường, người ta không phủ trực tiếp TiAlN lên bề mặt vật liệu nền mà trước hết người ta phủ lớp TiN hoặc TiCN và sau đó người ta phủ tiếp Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và cuối cùng là TiAlN. Phủ nhiều lớp như hiện nay được sử dụng rộng rãi, mỗi lớp có một số ưu điểm riêng như lớp có độ cứng cao, lớp chống ăn mòn hóa học, lớp chống oxy hóa bề mặt, lớp chịu nhiệt, lớp tăng cường dính kết với vật liệu nền. Tùy thuộc điều kiện gia công cụ thể mà ta chọn loại lớp phủ thích hợp. Càng phủ nhiều lớp giá thành càng cao.

Hiện nay, có hai phương pháp phủ bề mặt:

- Phương pháp hóa học (chemical vapour deposition)
- Phương pháp vật lý (physical vapour deposition).

Phương pháp hóa học yêu cầu nhiệt độ cao còn phương pháp vật lý không yêu cầu nhiệt độ cao. Tính chất của vật liệu có lớp phủ một mặt phụ thuộc vào vật liệu nền (thép HSS hoặc hợp kim cứng), ngoài ra còn phụ thuộc vào vật liệu lớp phủ.

### **6) Vật liệu sứ**

Dụng cụ cắt bằng sứ đã được dùng từ lâu để gia công kim loại (từ thập niên 1950). Vật liệu sứ cấu tạo gồm oxyt nhôm dạng hạt mịn tinh khiết (khoảng 1m). Chúng được ép nguội với áp suất cao sau đó thiêu kết ở nhiệt độ cao. Sau này, người ta thường thêm vào titanium carbite và zirconium oxide để cải thiện độ dai và độ chịu sốc nhiệt. Những loại vật liệu sứ này gọi là sứ trắng hay ép nguội. Ngoài ra, từ thập niên 1960, một loại vật liệu sứ điển hình gồm 70% oxyt nhôm và 30% titanium carbite và được ép nóng dưới áp suất cao, loại này gọi là sứ đen hay sứ ép nóng.

Vật liệu sứ có độ chịu mài mòn và độ cứng nóng rất cao. Chúng ít có khuynh hướng dính với kim loại dẻo, nên khó hình thành lẹo dao. Trong thực tế, do chịu va đập kém nên vật liệu sứ thường dùng để gia công tinh hoặc bán tinh các vật liệu gang hoặc thép với tốc độ cắt cao. Vật liệu sứ có thể cắt ở điều kiện không dùng dung dịch làm nguội hoặc dùng bôi trơn với dung lượng lớn.

### **7) Kim cương và Nitrit Bo lập phương**

Kim cương tự nhiên hoặc nhân tạo tổng hợp từ graphit trong điều kiện áp suất và nhiệt độ cao. Kim cương có độ cứng cao hơn hợp kim cứng khoảng 5 đến 6 lần, tính dẫn nhiệt cao hơn 1,5 đến 2,5 lần. Hệ số ma sát của kim cương thấp, độ chịu mài mòn cao và khả năng giữ hình dạng lưỡi cắt tốt. Tuy nhiên, nó có nhược điểm là giòn, dễ bị mẻ khi va đập do đó góc trước thường lấy nhỏ. Kim cương thường dùng gia công bán tinh và tinh các chi tiết yêu cầu độ chính xác cao, đặc biệt cho các hợp kim và kim loại màu hoặc vật liệu phi kim loại.

Tiếp theo vật liệu kim cương, Nitrit Bo lập phương là vật liệu cứng nhất, nó được sản xuất dưới dạng insert để làm phần cắt dụng cụ. Vật liệu này rất đắt và dùng trong những trường hợp đặc biệt như gia công rất tinh, vật liệu chi tiết rất cứng.

### 8) Vật liệu mài

Vật liệu mài là vật liệu dùng để chế tạo các loại đá mài, thanh mài và thỏi mài cho các nguyên công mài tròn ngoài, mài lỗ, mài mặt phẳng, mài khôn, mài siêu tinh,... và làm giấy nhám.

Ngoài ra, nó còn dùng làm bột nhão cho nguyên công mài nghiên. Vật liệu dùng làm hạt mài có hai loại: thiên nhiên và nhân tạo. Loại thiên nhiên ngoài kim cương thiên nhiên, còn có oxyt nhôm, đá rửa, thạch anh.

Hiện nay, loại thiên nhiên rất ít dùng vì chất lượng không đều và không ổn định. Thường dùng là vật liệu mài nhân tạo: kim cương nhân tạo, cônrun điện, cacbit silic, cacbit bo silic, nitrit bo lập phương...

Cônrun điện là oxyt nhôm thu được trong lò điện từ quặng bôxit gồm hai loại: cônrun điện thường và cônrun điện trắng.

Cônrun điện trắng có 97 đến 98%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  có độ cứng cao hơn cônrun điện thường và được lấy ký hiệu là Ct.

Co-ri-don nâu Cn dùng mài thô, mài bán tính, mài tinh các vật liệu súc bền cao: thép, gang... hoặc mài sắc các loại dụng cụ cắt bằng thép cacbon dụng cụ. Co-ri-don trắng C1 có tính cắt gọt tốt hơn.

Ngoài ra còn có oxyt nhôm tinh thể, co-ri-don hợp kim... có sức bền và cắt gọt cao hơn Cn, Ct.

Cacbit silic (SiC) là hợp chất giữa Si và C được sản xuất dưới dạng xanh và đen.

Cacbit xanh chứa 98 đến 99% SiC ký hiệu Sx, dùng mài sắc hợp kim cứng và sứ.

Cacbit đen chứa 97 đến 98% SiC ký hiệu Sđ, dùng gia công vật liệu có sức bền thấp như gang, đồng thau, alumin, vật liệu phi kim loại.

Cacbit bo (B4C) có độ cứng rất cao, chỉ kém kim cương và nitrit bo lập phương. Cacbit bo ở dạng bột mịn và bột nhão để mài các vật liệu cứng như thạch anh, ngọc...

Cacbit bo silic khác với cacbit bo ở chỗ không có tạp chất graphit nên tính năng ổn định, bền và rẻ hơn. Thường chúng được dùng ở nguyên công đánh bóng và cho năng suất cao hơn cacbit bo từ 30 đến 40%.

## 5.3 THIẾT BỊ CẮT GỌT

Thiết bị cắt gọt có nhiều loại khác nhau như thiết bị vạn năng, thiết bị chuyên dùng, thiết bị tự động,... Hiện nay, trong thực tế thường dùng hai loại phổ biến nhất, đó là:

- Thiết bị vạn năng điều khiển cơ, ví dụ máy tiện vạn năng, máy phay vạn năng
- Thiết bị điều khiển số, ví dụ máy tiện CNC, máy phay CNC.

## 5.4 DUNG DỊCH CẮT (CUTTING FLUIDS)

Khi thực hiện nguyên công cắt gọt, ta thường sử dụng dung dịch cắt. Dung dịch cắt có thể là chất lỏng hoặc chất khí được dùng trong quá trình gia công để cải thiện sự hoàn thiện của quá trình cắt. Dung dịch cắt có hai chức năng, đó là chức năng làm nguội (cooling) và chức năng bôi trơn (lubricant). Cụ thể, nó giải quyết hai vấn đề:

- Làm nguội: giảm nhiệt tại vùng trượt khi tạo phoi
- Giảm ma sát giữa mặt trước dụng cụ và phoi

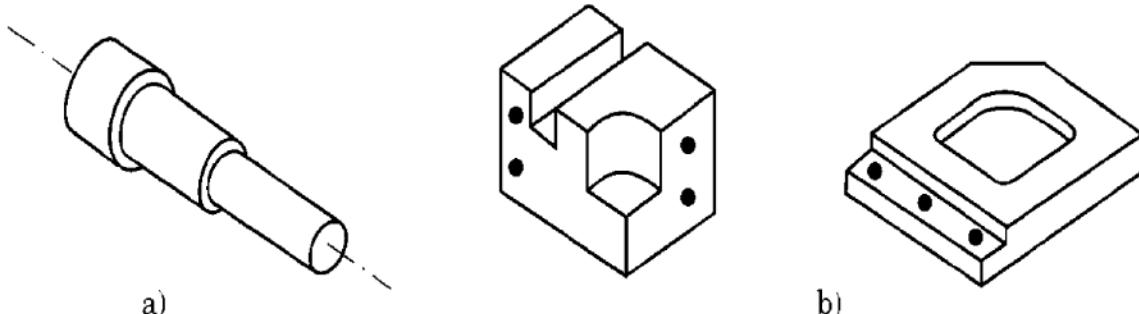
Ngoài ra nó còn hỗ trợ cho quá trình thoát phoi dễ dàng, giảm nhiệt chi tiết tạo điều kiện gá đặt và đo đạc thuận lợi hơn, giảm lực cắt và công suất yêu cầu, tăng độ chính xác và độ nhám bề mặt của chi tiết.

## 5.5 CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG TẠO RA CHI TIẾT DẠNG TRÒN XOAY

### 5.5.1 Khái niệm

Gia công cắt gọt là phương pháp có tính vận năng và đạt được độ chính xác cao nhất trong tất cả các phương pháp tạo hình chi tiết truyền thống. Đúc cũng có thể tạo ra những chi tiết có hình dáng rất khác nhau nhưng độ chính xác thấp.

Chi tiết được tạo ra bằng phương pháp cắt gọt có thể phân thành hai loại: tròn xoay và không tròn xoay. Phổ biến của dạng tròn xoay là dạng trụ và dạng đĩa. Đặc trưng của nguyên công để tạo ra chi tiết loại này là dụng cụ cắt tách vật liệu từ chi tiết chuyển động quay. Ví dụ như nguyên công tiện ngoài và trong. Khoan là một trường hợp ngoại lệ tạo ra lỗ trụ bằng chuyển động của dụng cụ. Chi tiết dạng không tròn xoay (hay còn gọi là dạng lăng trụ), ví dụ như chi tiết dạng khối và dạng tấm như trên hình vẽ dưới. Hình học của chi tiết đạt được bằng chuyển động tịnh tiến của chi tiết phối hợp với hoặc là chuyển động quay hay chuyển động tịnh tiến của dụng cụ. Các nguyên công tạo ra các chi tiết dạng này như phay, bào, cưa...



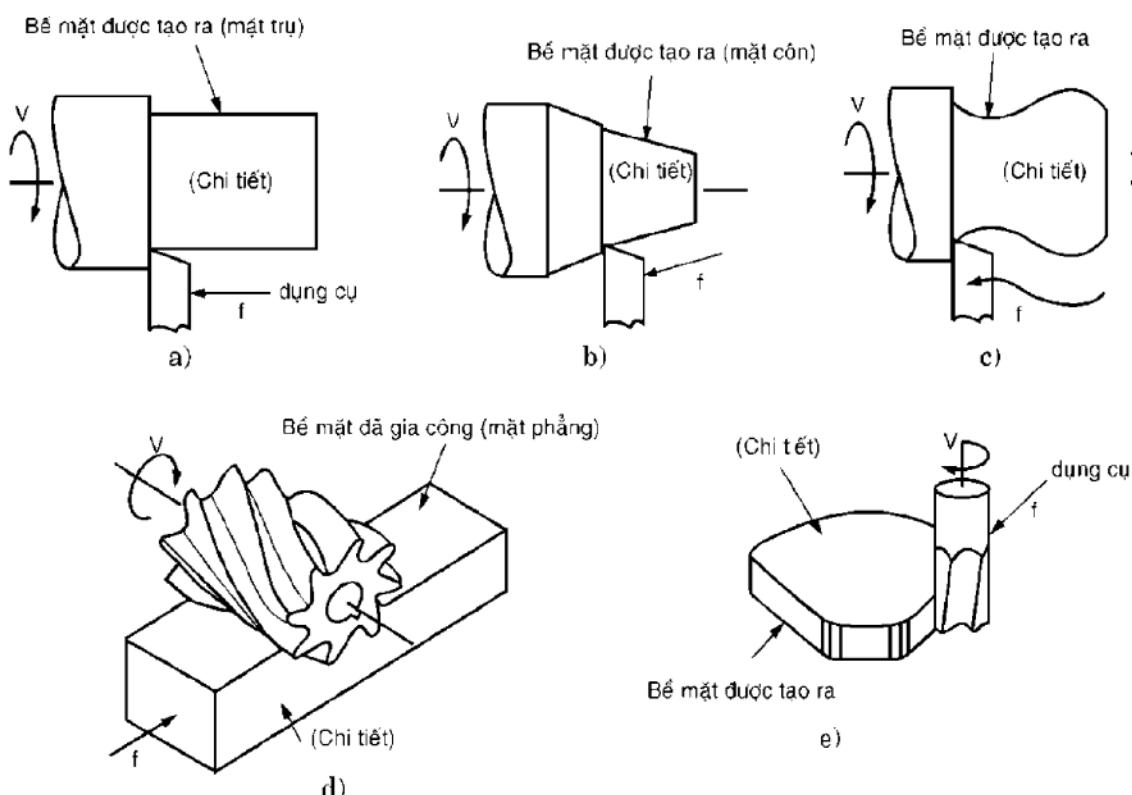
**Hình 5.8** Phân loại các chi tiết được gia công

a) chi tiết dạng tròn xoay; b) chi tiết dạng không tròn xoay

Mỗi một nguyên công tạo ra một hình dạng hình học đặc trưng liên quan đến hai yếu tố:

- Chuyển động tương đối giữa dụng cụ và chi tiết gia công
- Phụ thuộc hình dạng của dụng cụ.

Trong thực tế, chi tiết có thể được tạo ra bởi một trong hai phương pháp hoặc tổ hợp của chúng. Đó là phương pháp tạo hình bằng chuyển động chạy dao (generating) và phương pháp định hình (forming). Trong phương pháp đầu, hình học của chi tiết được hình thành bởi quỹ đạo chuyển động chạy dao của dụng cụ. Trên Hình 5.9 là các ví dụ tạo hình bằng phương pháp này. Trong phương pháp định hình, hình dạng của chi tiết được tạo ra bởi hình dạng của dụng cụ. Tiện định hình, khoan, chuốt là các ví dụ của trường hợp này.



**Hình 5.9** Các phương pháp tạo hình chi tiết

Hai phương pháp trên đôi khi phối hợp với nhau trong một nguyên công ví dụ như cắt ren, phay rãnh. Trong cắt ren hình dạng mũi dao chính là profin ren. Chuyển động chạy dao tạo nên đường ren. Sau đây, chúng ta nghiên cứu một số phương pháp tạo mặt tròn xoay và không tròn xoay của chi tiết.

### 5.5.2 Phương pháp tiện

#### 1) Khái niệm

Tiện là một phương pháp gia công cắt gọt thông dụng nhất, nó tạo nên hình dạng bề mặt gia công bằng hai chuyển động gọi là chuyển động tạo hình. Chuyển động quay tròn của chi tiết là chuyển động chính (trong một số trường hợp chuyển động này do dao thực hiện). Chuyển động tịnh tiến là chuyển động chạy dao nhằm giúp cho chuyển động chính tạo nên chiều dài cần thiết của mặt gia công. Trong phần lớn các trường hợp, mục đích của tiện là tạo ra chi tiết có tiết diện mặt cắt ngang là tròn. Chỉ có hai trường hợp đặc biệt là trường hợp vát mặt phẳng và trường hợp cắt đứt. Hình 5.10 giới thiệu các chuyển động tạo hình của tiện.

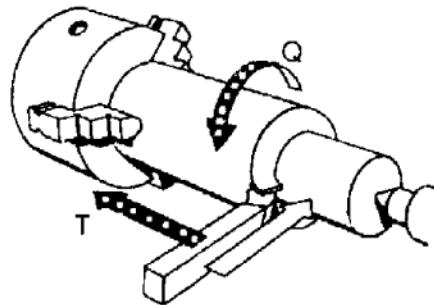
Chuyển động quay của chi tiết được gọi là chuyển động chính, tạo nên tốc độ cắt:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ [m/phút]} \quad (5.1)$$

trong đó:  $d$  - đường kính chi tiết

$n$  - số vòng quay trực chính máy tiện [vòng/phút]

$s$  - lượng chạy dao [mm/vòng].

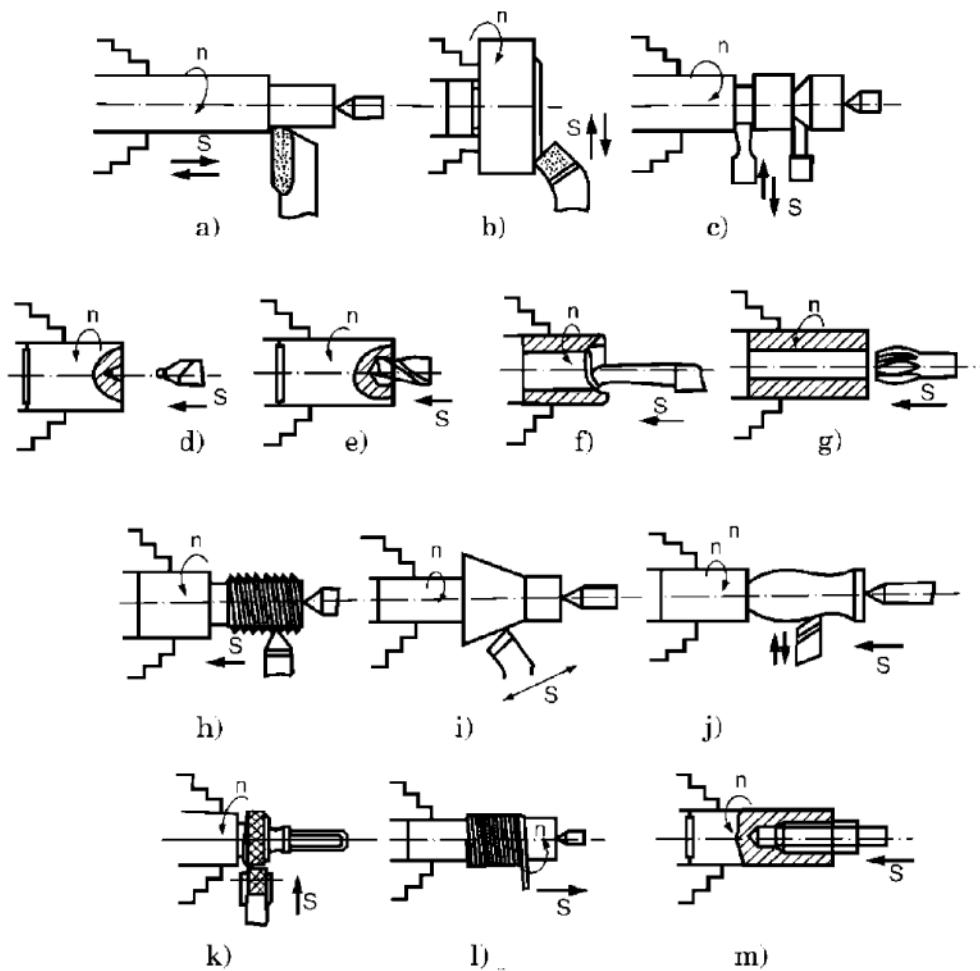


**Hình 5.10 Các chuyển động của tiện**

Tiện thường được thực hiện trên máy tiện. Trong sản xuất đơn chiếc, đôi khi tiện còn được thực hiện trên máy phay, máy khoan cần, máy doa. Tuy vậy, máy tiện là một loại máy công cụ được sử dụng rộng rãi và hầu như được trang bị cho tất cả các cơ sở sản xuất cơ khí từ quy mô nhỏ đến lớn. Trong các cơ sở sản xuất, máy tiện thường chiếm khoảng 25%, vì ngoài nguyên công tiện, trên máy tiện còn có khả năng khoan, khoét, doa, taro,...

## 2) *Khả năng tạo hình*

Tiện có khả năng tạo được những hình dạng khác nhau như mặt trụ, mặt côn, mặt định hình, mặt ren, mặt phẳng,... Khả năng tạo hình được giới thiệu trên Hình 5.11.



**Hình 5.11** *Khả năng tạo hình của phương pháp tiện*

*a) Tạo mặt trụ*

Để tạo ra mặt trụ, chi tiết quay tròn, dao thực hiện chuyển động chạy dao dọc song song đường tâm của chi tiết. Tiện trụ có thể là tiện mặt trụ ngoài hoặc mặt trụ trong (Hình 5.11a).

*b) Tiện mặt phẳng*

Mặt phẳng trên chi tiết có thể tạo ra bằng tiện vát mặt. Dụng cụ chuyển động trong mặt phẳng vuông góc với trục quay của chi tiết. Có thể vát mặt ngoài hoặc mặt trong chi tiết (Hình 5.11b).

*c) Tiện mặt côn (hay còn gọi tiện góc)*

Tiện côn có thể là côn ngoài hoặc côn trong (Hình 5.11i).

*d) Tiện định hình*

Để tạo chi tiết có mặt định hình tròn xoay ta có thể dùng phương pháp tiện định hình bằng dao tiện định hình hoặc dao tiện ngoài (trên máy tiện CNC).

*e) Tiện ren*

- Bè mặt ren có thể tiện bằng dao tiện ren
- Ngoài các nguyên công như khoan, khoét, doa, lăn ép, tạo khía nhám..., có thể thực hiện trên máy tiện.

**3) *Khả năng đạt được độ chính xác, chất lượng bè mặt***

Độ chính xác của nguyên công tiện phụ thuộc nhiều yếu tố, gồm:

- Độ chính xác của bản thân máy tiện như độ đảo trực chính, sai lệch hoặc độ mòn của sóng trượt, độ lệch tâm của ụ trước và ụ sau...
- Độ cứng vững của hệ thống công nghệ
- Tình trạng dao cụ
- Trình độ tay nghề của công nhân.

Tùy theo vị trí của mặt gia công (mặt trong, mặt ngoài, mặt đầu), phương pháp gia công (tiện thô, bán tinh, hoặc tiện tinh), chất lượng của bè mặt gia công đạt được khác nhau (Bảng 5.6).

Độ chính xác về vị trí tương quan như độ đồng tâm giữa các bậc của trục, giữa mặt trong và mặt ngoài có thể đạt tới 0,01mm, tùy thuộc vào phương pháp gá đặt phôi.

Năng suất của phương pháp tiện phụ thuộc nhiều yếu tố. Những yếu tố chính như tốc độ cắt mà máy có khả năng đáp ứng, công suất của máy, vật liệu làm dao, vật liệu và hình dạng kích thước của chi tiết gia công. Ngày nay, những thành tựu về vật liệu dụng cụ cắt cũng như sự ra đời của những thế hệ máy mới có độ chính xác và độ cứng vững cao cho phép chúng ta gia công đạt được năng suất và chất lượng tốt.

**Bảng 5.6 Độ chính xác kích thước và độ nhám bề mặt đạt được khi tiện**

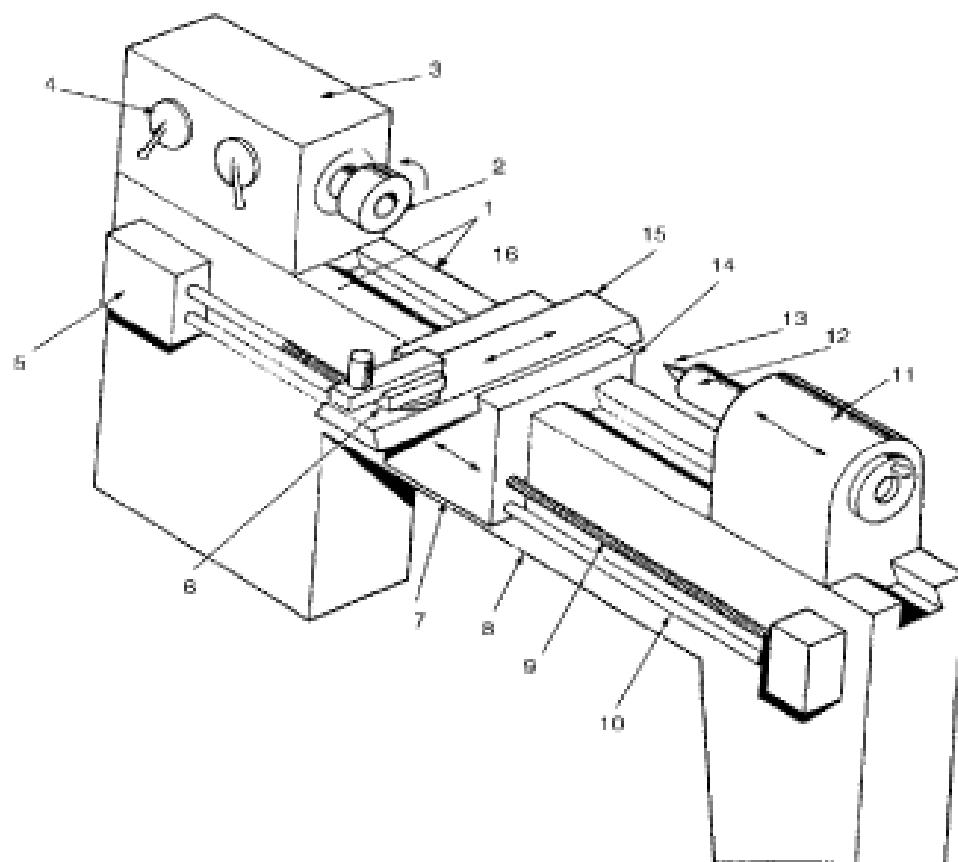
Dạng bề mặt gia công	Độ chính xác kích thước (TCVN)	Độ nhám bề mặt	
		R <sub>e</sub> (μm)	R <sub>a</sub> (μm)
Tiện ngoài			
- Thô	13 – 12		
- Bán tinh	11 – 9	80	
- Tinh	8 – 7	40 – 20	2,5
- Tinh mỏng	7 – 6		1,25 – 0,63
Khoan	12 – 11	40 – 20	
Khoét			
- Thô	12 – 11	40	
- Bán tinh	11	20	
- Tinh	9 – 8		2,5
Doa			
- Thô	9 – 8		2,5 – 1,25
- Tinh	7 – 6		0,63 – 0,32
- Mỏng	6		0,16
Tiện trong			
- Thô	13 – 12	80 – 40	
- Bán tinh	11 – 10	40 – 20	
- Tinh	9 – 7		2,5 – 0,63
- Tinh mỏng	6 – 5		0,32 – 0,08
Vát mặt đầu			
- Thô	12	40	
- Tinh	11	20	
- Tinh mỏng	8 – 7		2,5 – 1,25

#### 4) Máy tiện

##### a) Máy tiện truyền thống

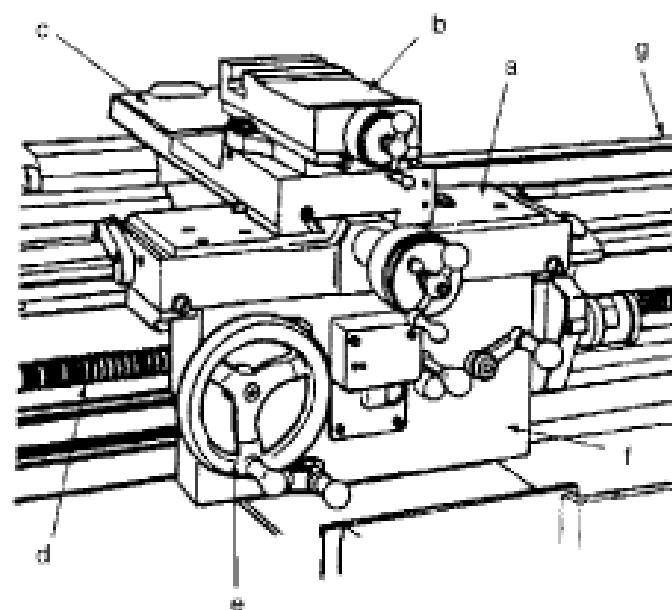
Máy tiện được coi là loại máy công cụ lâu đời nhất. Máy tiện phổ biến nhất có sơ đồ như Hình 5.12. Các chi tiết chủ yếu của máy tiện gồm:

Bệ máy dùng để đỡ tất cả các chi tiết khác của máy tiện. Bệ máy có khối lượng và độ cứng vững cao, nó thường được chế tạo từ gang xám hoặc gang cầu. Phía trên bệ máy là hai sóng trượt song song có tiết diện ngang khác nhau. Hai sóng trượt này được gia công chính xác và tôi cứng để chống mòn khi sử dụng.



1- Bè máy; 2- Trục chính; 3- U trục chính; 4- Cơ cấu thay đổi tốc độ chính;  
5- Thay đổi tốc độ chạy dao; 6- Bàn dao trên; 7- Bàn xe dao; 8- Thân máy;  
9- Trục vít tiện ren; 10- Trục tiện tròn; 11- U động; 12- Nòng u động;  
13- Mũi chổng tâm; 14- Bàn dao dọc; 15- Bàn dao ngang; 16- U gá bàn dao

*Hình 5.12 Sơ đồ minh họa các bộ phận chính của máy tiện vạn năng [5]*



*Hình 5.13 Bàn xe dao*

a) Bàn dao dọc; b) Bàn dao trên; c) Bàn dao ngang  
d) Trục cắt ren; e) Tay quay bàn dao dọc; f) Bàn xe dao

*Bàn xe dao* trượt dọc theo sóng trượt của băng máy, trên nó được lắp bàn xe dao ngang và ụ hướng dụng cụ. *Bàn xe dao ngang* có thể chuyển động vào và ra theo hướng vuông góc với hướng chuyển động của bàn dao dọc.

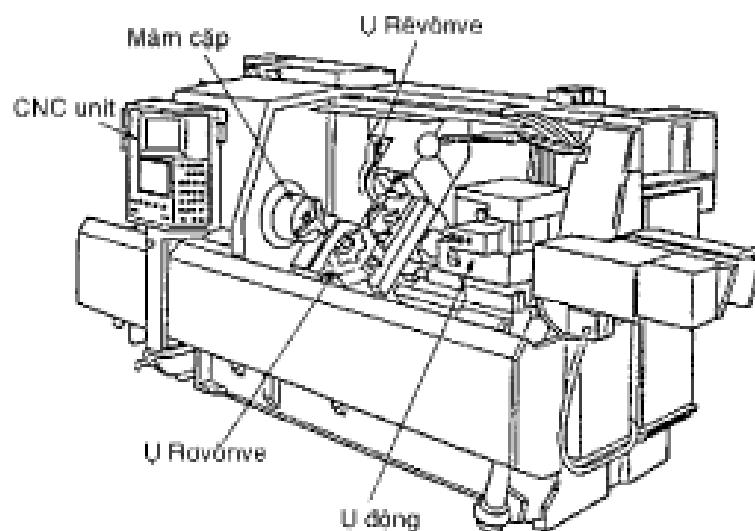
*U trục chính* được lắp trên thân máy và trong đó có những cặp bánh răng với tỉ số truyền khác nhau để thay đổi tốc độ của trục chính và truyền công suất từ mô-tơ lên trục chính.

*Trục chính* được lắp trên *trục chính* qua các cặp ổ bi hoặc ổ trượt và truyền chuyển động quay đến chi tiết. Trong đa số trường hợp trục chính có lỗ để có thể gá đặt chi tiết xuyên qua trục chính. Phần đầu của lỗ là mặt côn để có thể gá đặt mũi chông tâm hoặc phần định vị côn của đồ gá.

*U động* có thể trượt dọc theo băng máy và được kẹp chặt lại ở vị trí bất kỳ. Mũi chông tâm được lắp vào nòng của ụ động ở phần côn để định vị một đầu của chi tiết.

### b) Máy tiện điều khiển số

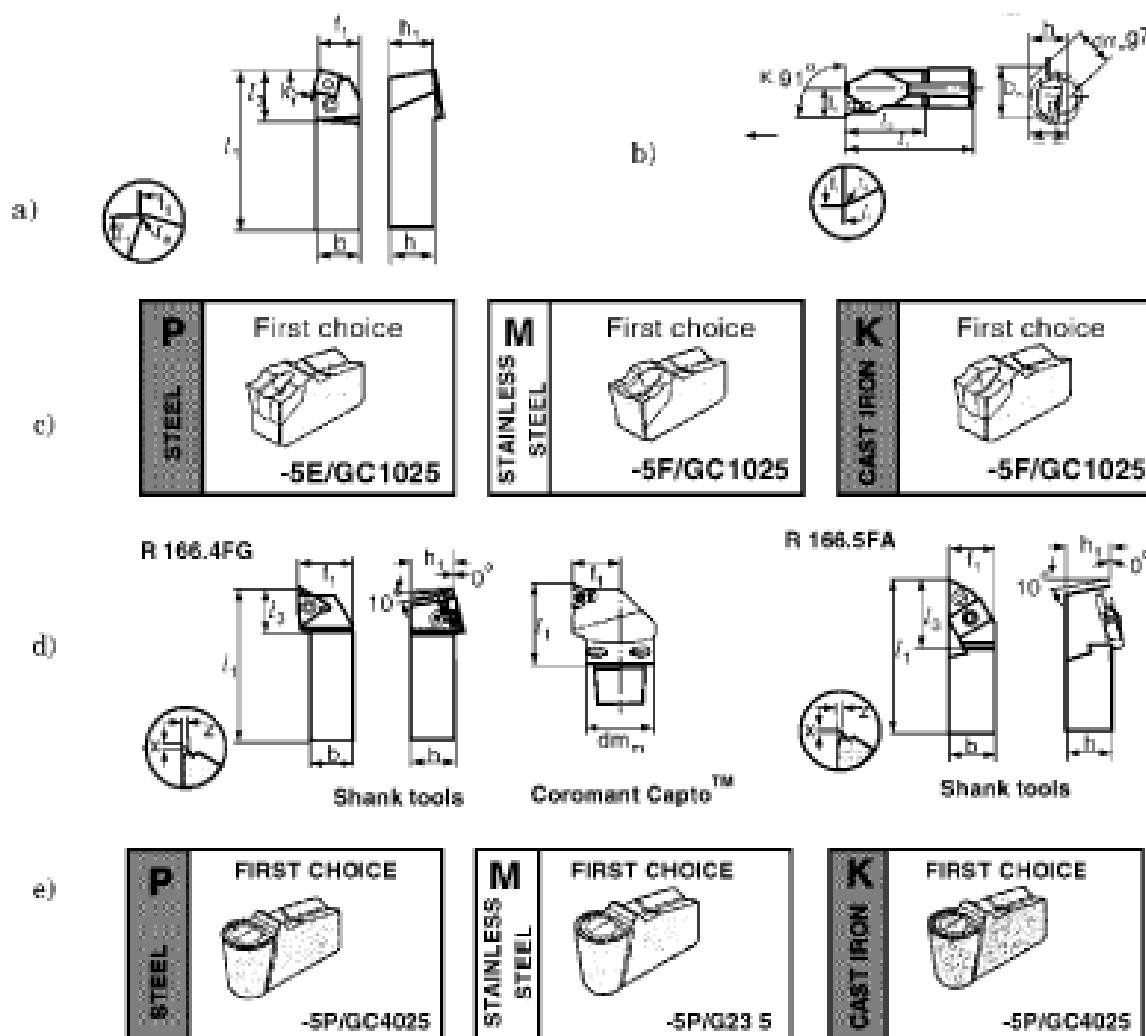
Trong các máy tiện ứng dụng kỹ thuật số tiên tiến, các chuyển động của cơ cấu chấp hành được điều khiển bằng kỹ thuật số và máy tính (computer numerical control - CNC). Sơ đồ của một máy tiện ứng dụng kỹ thuật số và máy tính được giới thiệu trên Hình 5.14. Những máy tiện này thường được trang bị một hoặc một số đầu rovönve. Mỗi một ụ rovönve được lắp một số dao để thực hiện gia công nhiều bề mặt khác nhau của chi tiết (Hình 5.14). Mức độ tự động trên những máy tiện điều khiển số rất cao và không đòi hỏi trình độ công nhân thao tác lành nghề.



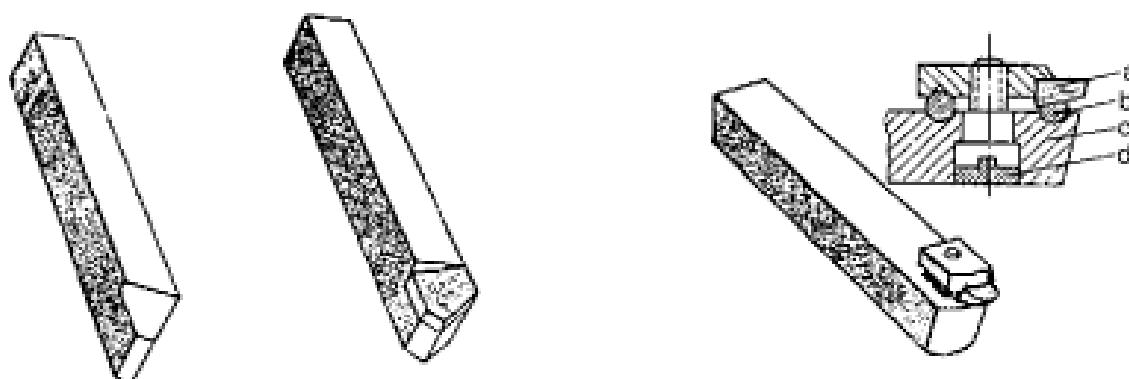
**Hình 5.14** Máy tiện điều khiển số sử dụng máy tính (CNC) với hai ụ rovönve

### 5) Dao tiện

Tùy thuộc công việc tiện mà dụng cụ cắt được chọn phù hợp. Để thực hiện tạo hình các bề mặt khác nhau, chúng ta có các loại dao tiện: tiện ngoài, tiện lỗ, dao tiện mặt đầu, dao tiện ren, tiện định hình. Phần lớn các dụng cụ được tiêu chuẩn hóa. Vật liệu của dao tiện thường dùng là thép hợp kim tốc độ cao, cácbit, dụng cụ có lớp phủ. Hình 5.15 giới thiệu một số loại dụng cụ thông dụng của hãng SANVIK Company.

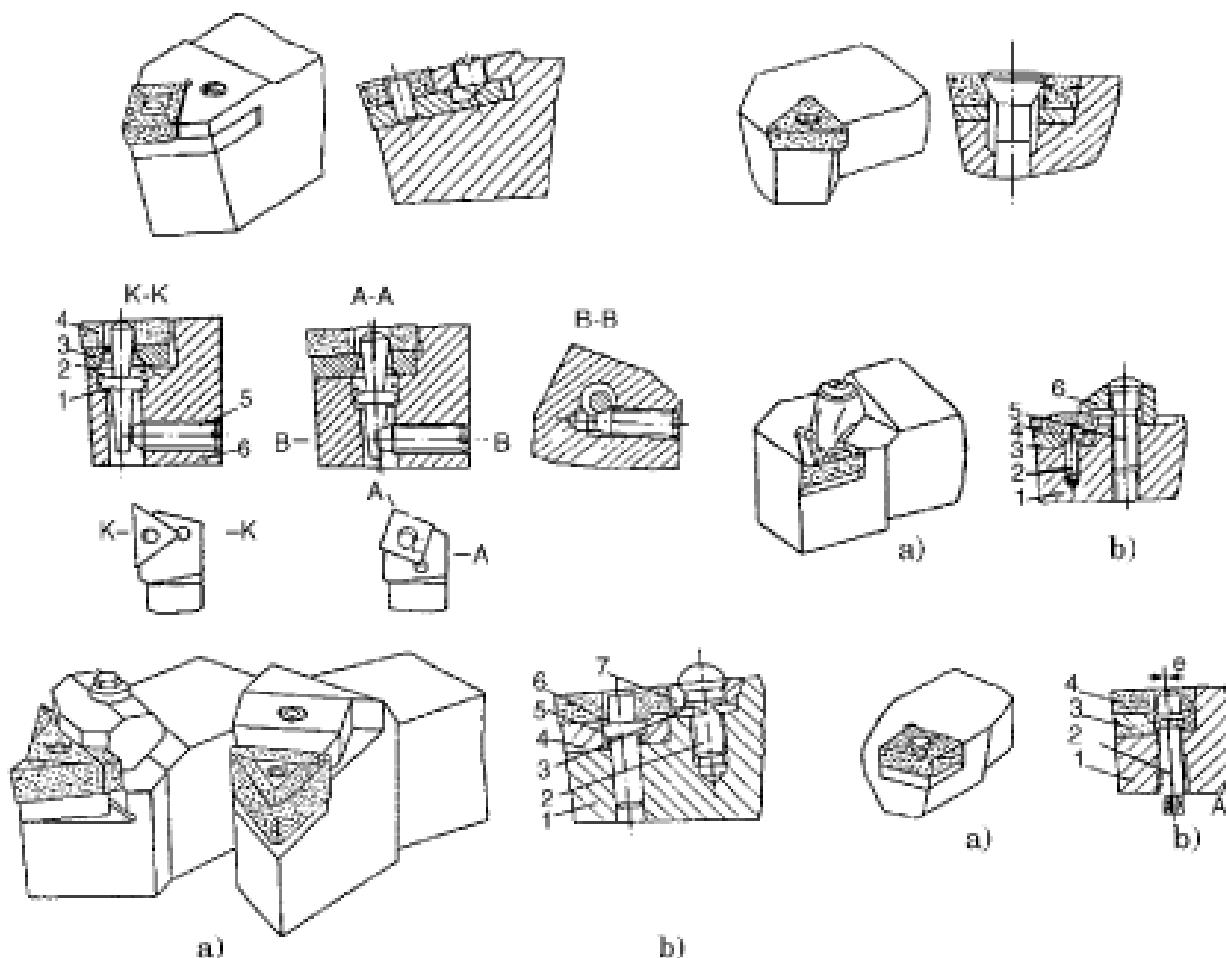
*Hình 5.15 Các dạng khác nhau của dao tiện*

- a) Dao tiện ngoài; b) Dao tiện lỗ; c) Dao cắt đứt;
- d) Dao tiện ren; e) Dao tiện định hình

*Hình 5.16 Vật liệu của dụng cụ cắt*

- a) Dao tiện liền với vật liệu thép tốc độ cao
- b) Dao tiện chắp với phần cắt là thép tốc độ cao hoặc hợp kim cứng và được hàn vào thân hoặc lắp ghép cơ

Hiện nay, các hãng sản xuất dụng cụ nổi tiếng trên thế giới chủ yếu sản xuất dao tiện có mảnh hợp kim được ghép vào thân dao với những kiểu lắp ghép khác nhau (Hình 5.17). Ví dụ, hãng Sanvik của Thụy Sĩ có các kiểu ghép T-Max-P, T-Max-U,...



**Hình 5.17 Các kiểu ghép mảnh hợp kim vào thân dao**

Để chọn dao tiện phù hợp cần dựa vào những yếu tố sau đây:

- Xác định vật liệu được gia công theo tiêu chuẩn ISO
- Xác định điều kiện gia công (tốt, trung bình, xấu)
- Xác định mục đích gia công (thô, tinh)
- Chọn dạng lắp vào ốp dao và chế độ cắt đề nghị.

#### Dối với gia công thô

Dụng cụ cần gia công với năng suất cao và thời gian gia công ngắn do vậy dao tiện cần cứng vững. Dao tiện thô có thể có kết cấu loại đầu thẳng hoặc loại đầu cong.

Các góc của phần cắt dao tiện thô được cho trong Bảng 5.7.

Bảng 5.7 Góc dao tiện

Dụng cụ cắt tốc độ cao (HSS)			Vật liệu gia công	Hợp kim cung		
$\alpha^\circ$	$\beta^\circ$	$\gamma^\circ$		$\alpha^\circ$	$\beta^\circ$	$\gamma^\circ$
8	68	14	Thép cacbon $\sigma_b \leq 70 \text{ Kg/mm}^2$	5	75	10
8	72	10	Thép đúc $\sigma_b \leq 50 \text{ Kg/mm}^2$	5	79	6
8	68	14	Thép hợp kim $\sigma_b \leq 85 \text{ Kg/mm}^2$	5	75	10
8	72	10	Thép hợp kim $\sigma_b \leq 100 \text{ Kg/mm}^2$	5	77	8
8	72	10	Gang cầu	5	75	10
8	82	0	Gang đúc	5	85	0
8	64	18	Đồng đỏ	8	64	18
8	82	0	Đồng thau	5	79	6
12	54	14	Nhôm	12	60	18

### Dao tiện tinh

Khi tiện tinh, ta cần đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng cao do vậy các góc của dao cần chọn sao cho quá trình tạo phoi và thoát phoi dễ dàng. Đôi lúc ta còn dùng dao rộng bán. Các lưỡi cắt cần được mài và khôn cần thận để đạt độ chính xác và độ thẳng cao. Hình 5.18 giới thiệu một số mảnh hợp kim tiêu chuẩn của hãng Sanvik kiểu T-MAX-P khi gia công thô, bán tinh và tinh cho vật liệu thép và gang.

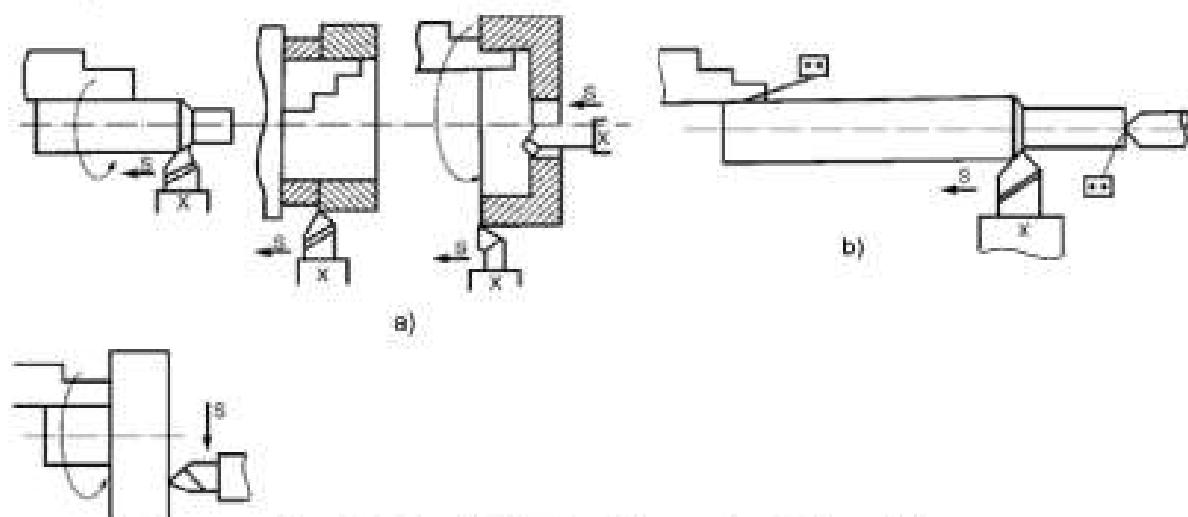
STEEL			CAST IRON		
Finishing	Medium	Roughing	Finishing	Medium	Roughing
-PF/GC1525	-PM/GC4015	-PR/GC4015	-NGA/CC650	-NGA/GC1690	-NGA/CC690
 -PF/GC1525 Page 32	 -PM/GC4015 Page 36	 -PR/GC4015 Page 40	 -KF/GC3005 Page 54	 -KM/GC3015 Page 56	 -KR/GC3015 Page 52
-PF/GC1525	-PM/GC4015	-PR/GC4015	-KF/GC3005	-KM/GC3025	-KR/GC3025

Hình 5.18 Một số mảnh hợp kim của hãng chế tạo dụng cụ Sanvik loại T-MAX P dùng để tiện thép và gang

### 6) Biện pháp gá đặt khi tiện

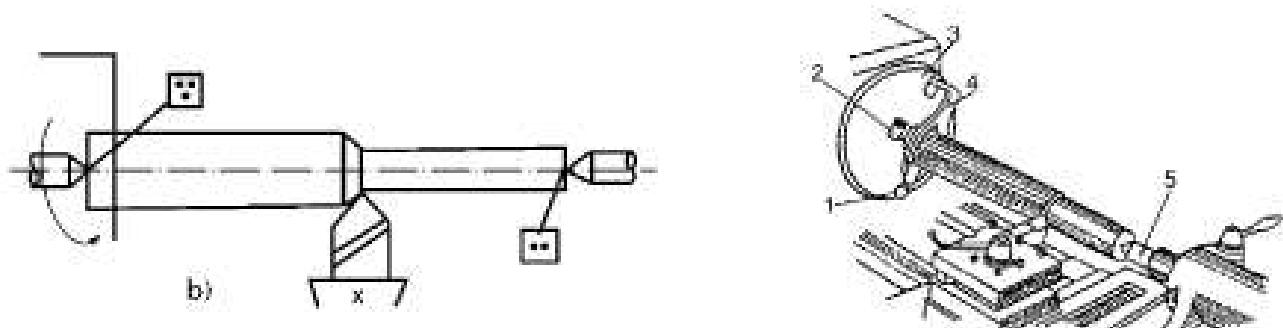
Khi tiện, tùy thuộc vào vị trí bề mặt gia công, phụ thuộc vào hình dạng và chiều dài của chi tiết, mà ta định vị và kẹp chặt chi tiết trên mâm cặp ba chân tự định tâm, mâm cặp bốn chân không định tâm, một đầu mâm cặp ba chân một đầu chống tâm hoặc hai đầu chống tâm. Đôi khi còn sử dụng mâm cặp phẳng hoặc trực gá để gá đặt.

Thông dụng nhất là chi tiết được gá đặt trên mâm cặp nếu chi tiết ngắn và trên mâm cặp kết hợp mũi chống tâm khi chi tiết dài trong tỉ lệ tương quan với đường kính của nó (Hình 5.19).



**Hình 5.19 a) Gá đặt bằng mâm cặp ba chấu  
b) Gá đặt bằng mâm cặp ba chấu và mũi chống tâm**

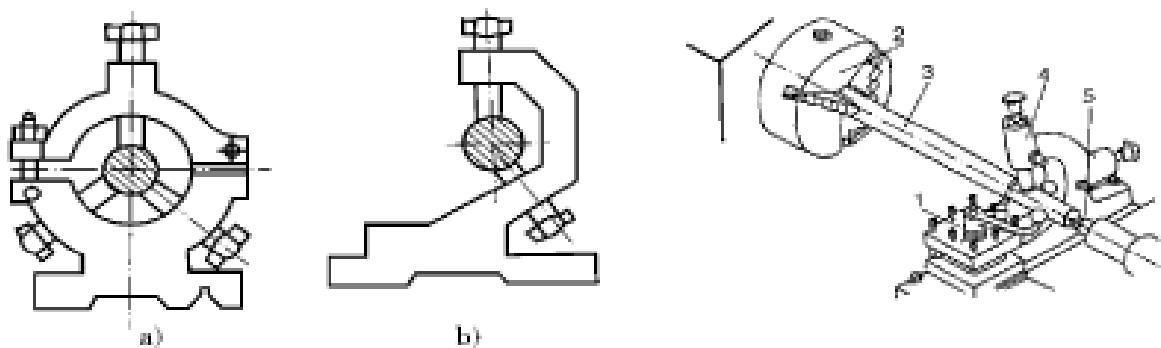
Mâm cặp có thể tự định tâm hoặc không tự định tâm. Mâm cặp tự định tâm thường là ba chấu. Trên đó các chấu của mâm cặp chuyển động xuyên tâm với tốc độ như nhau. Mâm cặp bốn chấu không định tâm, trong đó mỗi chấu chuyển động độc lập so với các chấu khác. Mâm cặp bốn chấu thường dùng khi chi tiết có tiết diện ngang hình dạng bất kỳ. Khi này để gá đặt chúng ta phải lấy dấu trước và rà gá theo dấu đã vạch sẵn.



**Hình 5.20 Gá đặt bằng hai mũi chống tâm và truyền chuyển động nhờ tốc**

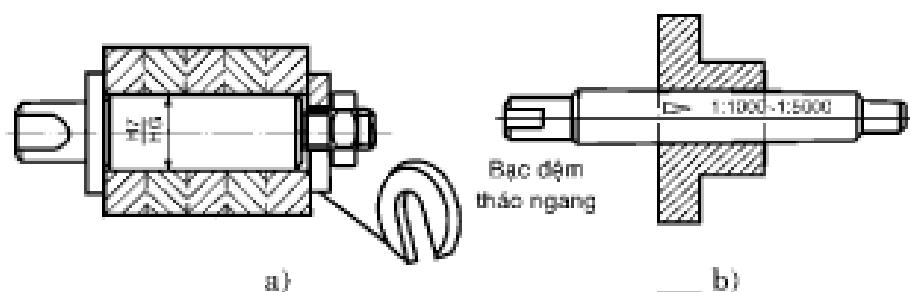
Để gia công các trục dài, chi tiết được gá đặt giữa hai mũi chống tâm. Khi này, phôi được cắt dài hơn 5mm so với chiều dài danh nghĩa của trục. Phôi được vát mặt đầu và khoan tâm hai đầu trên máy tiện hay máy vặt mặt khoan tâm chuyên dùng. Khi gá đặt mâm ụ động có thể dùng mũi tâm cố định hoặc mũi tâm động. Nếu dùng mũi tâm cố định cần thiết phải bôi mỡ để giảm ma sát. Chuyển động quay của trục chính máy tiện được truyền sang chi tiết gia công bằng tốc (Hình 5.20).

Khi tiện các trục dài và yếu ( $L/D \geq 10$ ), chi tiết có thể bị uốn cong, kết quả chi tiết không đạt độ chính xác yêu cầu. Để giảm mức độ uốn cong, ta dùng lưu nét. Lưu nét được dùng có thể là tĩnh hoặc động (Hình 5.21a,b).



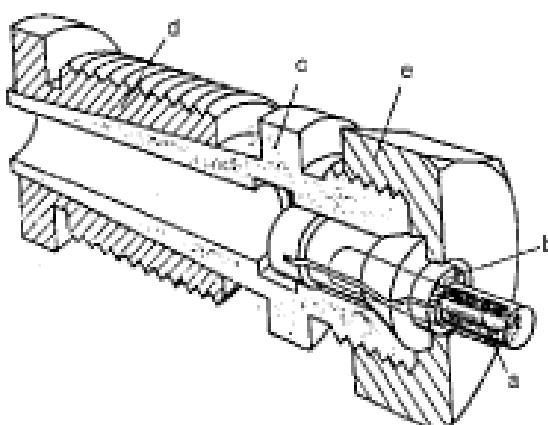
**Hình 5.21 a) Lưu nét tĩnh; b) Lưu nét động; c) Mô hình gá trên máy**

Khi tiện mặt ngoài các chi tiết dài và mỏng có lỗ ta dùng trục gá. Trục gá có thể là loại trụ hoặc loại côn (Hình 5.22).



**Hình 5.22 Gá đặt bằng trục gá**

Ngoài ra trên các máy tiện tự động, máy rovônve hoặc máy tiện vạn năng có đồ gá chuyên dùng, để gia công các chi tiết có mặt chuẩn mặt ngoài đã qua gia công, ta dùng chấu kẹp đàn hồi. Ưu điểm của nó là đạt được độ chính xác đồng tâm cao (0,03 đến 0,05mm) và không làm hư hỏng bề mặt định vị (Hình 5.23).



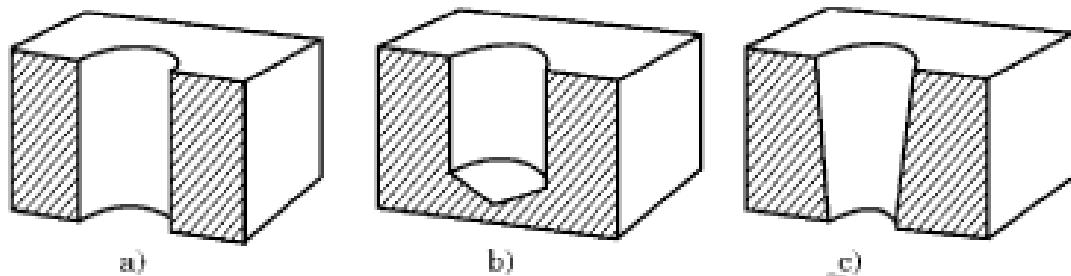
a- Chi tiết gia công; b- Ống kẹp; c- Thân lắp ống kẹp; d- Trục chính; e- Dai ốc

**Hình 5.23 Chấu kẹp đàn hồi**

### 5.5.3 Khoan, khoét, doa và tarô

#### 1) Khái niệm

Trong thực tế có nhiều chi tiết có lỗ. Các lỗ này có thể thông hoặc không thông (Hình 5.24).



**Hình 5.24** Các lỗ khác nhau trên chi tiết

a) Lỗ trụ thông; b) Lỗ trụ không thông; c) Lỗ côn thông

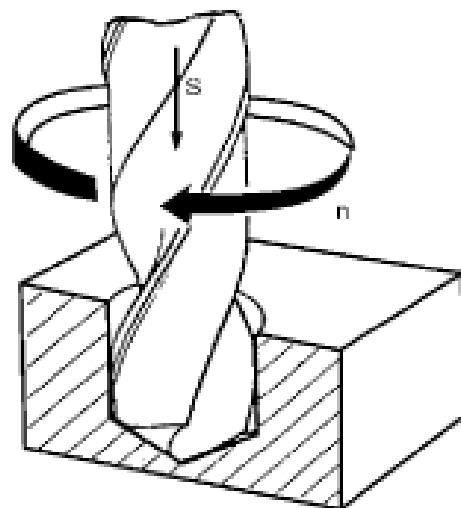
Khoan, khoét, doa là những phương pháp gia công lỗ trên những chi tiết vật liệu kim loại hay phi kim loại. Tùy theo hình dạng, kích thước, tính chất vật liệu, loại phôi và chất lượng yêu cầu mà ta có thể chỉ cần khoan; khoan rồi doa; hoặc khoan, khoét rồi doa hoặc khoét rồi doa.

Khoan, khoét, doa thường được tiến hành trên máy khoan, máy doa, máy phay, tất nhiên cũng thường dùng kết hợp trên máy tiện.

Mỗi phương pháp đều có những đặc thù riêng, dưới đây chúng ta khảo sát từng phương pháp cụ thể.

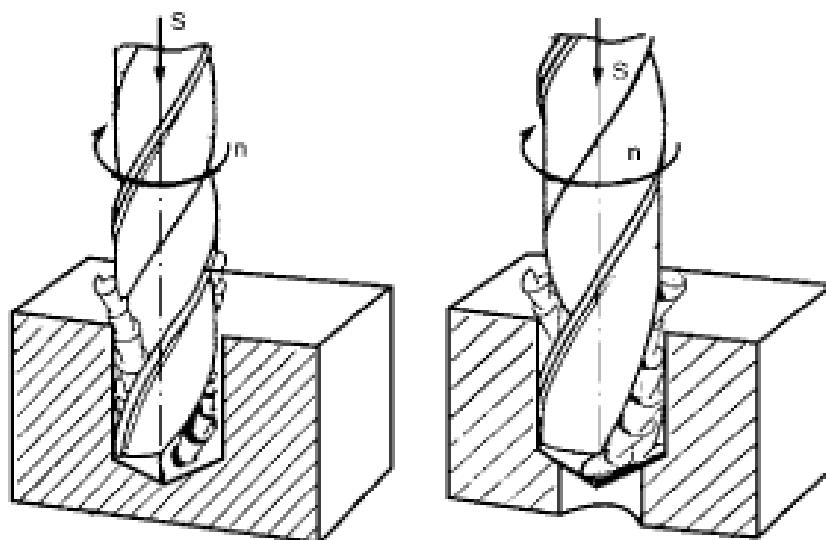
## 2) Khoan

Khoan trên máy khoan có hai chuyển động, chuyển động thứ nhất là mũi khoan quay tròn, đó là chuyển động chính. Chuyển động thứ hai là tịnh tiến của mũi khoan để thực hiện chuyển động ăn dao (Hình 5.25).



**Hình 5.25** Khoan trên máy khoan

Đối với khoan, chúng ta phân biệt hai trường hợp: khoan trên vật liệu đặc và khoan rộng lỗ (lỗ đã có sẵn trước) (Hình 5.26).

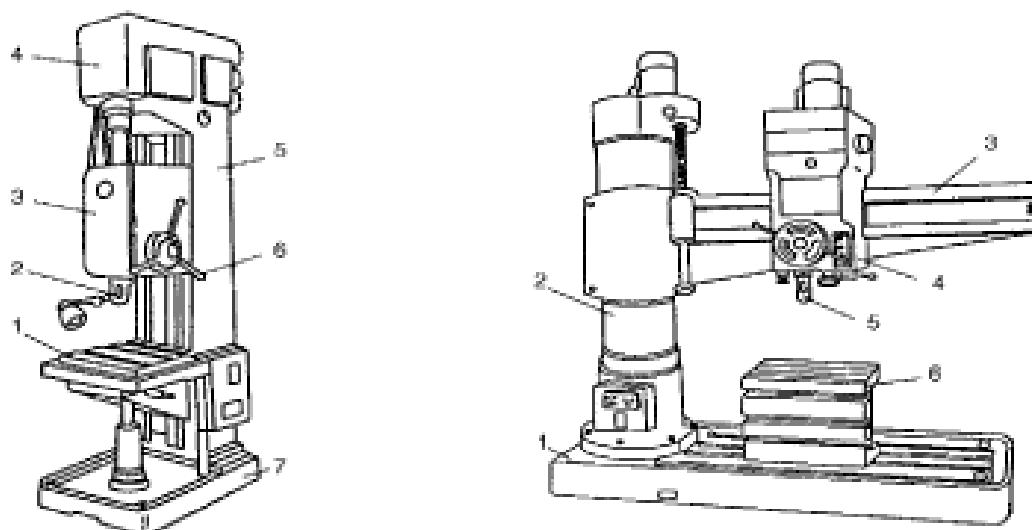


*Hình 5.26 Khoan vật liệu đặc và khoan rộng lỏng*

#### a) Máy khoan

Máy khoan là một trong những máy cắt gọt phổ biến trong thực tế, nó phục vụ chủ yếu để thực hiện nguyên công khoan. Ngoài ra, máy khoan còn dùng để khoét, dlea, và một số nguyên công khác. Máy khoan có nhiều loại như máy khoan bàn, máy khoan cần, máy khoan CNC. Phổ biến nhất trong thực tế là máy khoan bàn và máy khoan cần. Các bộ phận chủ yếu của nó được giới thiệu trên Hình 5.27a,b.

Máy khoan điều khiển số ba trục để khoan các lỗ khác nhau trên chi tiết với độ chính xác về vị trí cao cũng đã được dùng trong thực tế. Ưu điểm của lắp ráp trên máy có khả năng lắp nhiều dụng cụ khác nhau và thực hiện chu trình khoan một cách tự động.



*Hình 5.27 Sơ đồ minh họa*

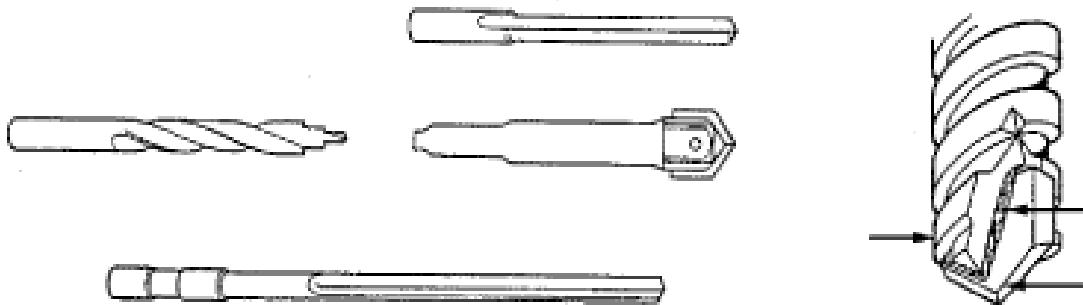
#### a) Máy khoan bàn; b) Máy khoan cần

Chi tiết được gá trực tiếp lên bàn máy hoặc dùng Eto. Chuyển động chạy dao thường thực hiện bằng tay thông qua vỏ lăng của máy. Tốc độ quay của dụng cụ có thể điều chỉnh được thông qua điều chỉnh cặp buli đai, bánh răng hoặc thay đổi tốc độ của motor.

Khi khoan các chi tiết lớn, người ta thường dùng máy khoan cần. Độ vươn lớn nhất từ tâm mũi khoan đến tâm trụ máy có thể tới 3m.

### b) Mũi khoan

Có nhiều loại mũi khoan khác nhau, trong đó mũi khoan ruột gà được dùng phổ biến nhất (tham khảo Chương 2). Ngoài ra còn có các mũi khoan đặc biệt như Hình 6.33.



Hình 5.28 Các mũi khoan đặc biệt

### c) Khả năng công nghệ của khoan

Khoan có khả năng gia công được các lỗ có đường kính  $\phi$  0,1 đến  $\phi$  80mm, nhưng phổ biến nhất là những lỗ  $\phi \leq 35$ mm. Do mũi khoan còn tồn tại về độ chính xác hình dạng phần cắt và độ cứng vững, do đó khoan có độ chính xác thấp về đường kính cũng như độ thẳng của lỗ được khoan. Mặt khác, do sai số về độ không đồng tâm của phần cắt và phần chuôi, độ không đối xứng của các lưỡi cắt qua tâm quay của mũi khoan, do vậy lỗ sau khoan thường bị lay rộng. Để hạn chế điều này, các mũi khoan, khi chế tạo, kích thước thực của nó thường nhỏ hơn kích thước danh nghĩa.

Sự giãn nở nhiệt của vật liệu gia công cũng là một nguyên nhân ảnh hưởng độ chính xác đường kính của lỗ sau khi khoan. Ví dụ, khi khoan nhôm bị giãn nở nhiều, khi nguội lại, kết quả đường kính lỗ sau khi khoan sẽ nhỏ hơn đường kính của mũi khoan.

Bảng 5.8 Sai số kích thước của các lỗ sau khi khoan

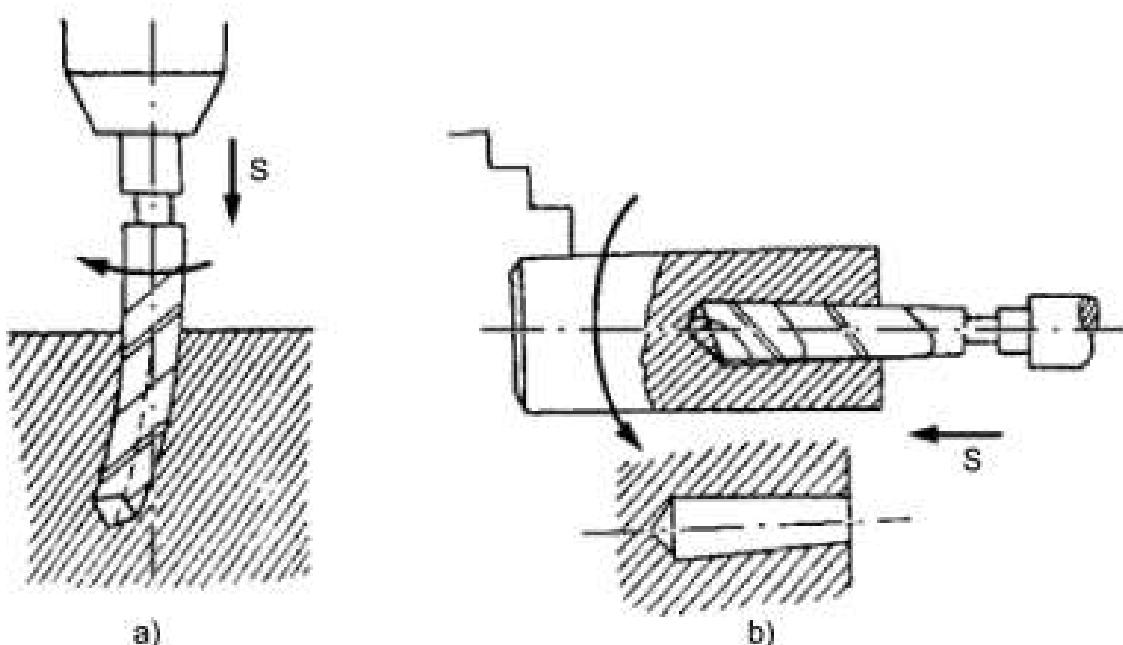
Đường kính lỗ (mm)	Sai số kích thước (mm)
0 → 3	-0,025 → +0,08
Tren 3 → 6	-0,025 → +0,10
Tren 6 → 13	-0,025 → +0,15
Tren 13 → 25	-0,05 → +0,20
Tren 25 → 50	-0,08 → +0,25
Tren 50 → 100	-0,10 → +0,30

Độ chính xác gia công của khoan bằng mũi khoan ruột gà thấp, chỉ đạt cấp 12 đến 13 và  $R_a = 3,2$  đến  $12,5\mu m$ , do đó chỉ phù hợp với các lỗ bắt bu lông. Đối với các lỗ yêu cầu độ chính xác cao hơn, khoan chỉ là nguyên công gia công thô và tạo lỗ ban đầu.

Khoan còn là nguyên công (hay bước) chuẩn bị cho việc cắt ren lỗ tiêu chuẩn.

Đối với các lỗ đúc hay dập sẵn, nói chung không nên dùng khoan vì mũi khoan có sức bền kém, không chịu nổi lớp vỏ cứng của lỗ và dễ bị lệch theo hướng của lỗ đã được tạo sẵn.

Khi khoan trên máy khoan hay máy phay, chi tiết đứng yên. Lỗ sau khi khoan thường bị lệch do lưỡi cắt của mũi khoan khi mài không đối xứng. Còn khi khoan trên máy tiện (chi tiết quay) lỗ sau khi khoan thường bịloe (Hình 5.29).



*Hình 5.29 Các hiện tượng xảy ra khi khoan*

#### d) *Biện pháp công nghệ khi khoan*

Khi khoan trên máy khoan, chi tiết thường được gá trực tiếp lên bàn máy, trên khôi V hoặc trên êtô. Trong trường hợp khoan nhiều lỗ trên một lần gá đặt ta có thể sử dụng đồ gá chuyên dùng.

Do mũi khoan có độ chính xác về hình dạng và vị trí tương quan không cao, độ cứng vững thấp, do vậy khi khoan cần có những giải pháp công nghệ phù hợp. Khi khoan, việc thoát phoi, thoát nhiệt khó khăn, đặc biệt các lỗ sâu, do vậy khi khoan phải rút dao ra khỏi lỗ theo chu kỳ nhất định để tránh kẹt mũi khoan.

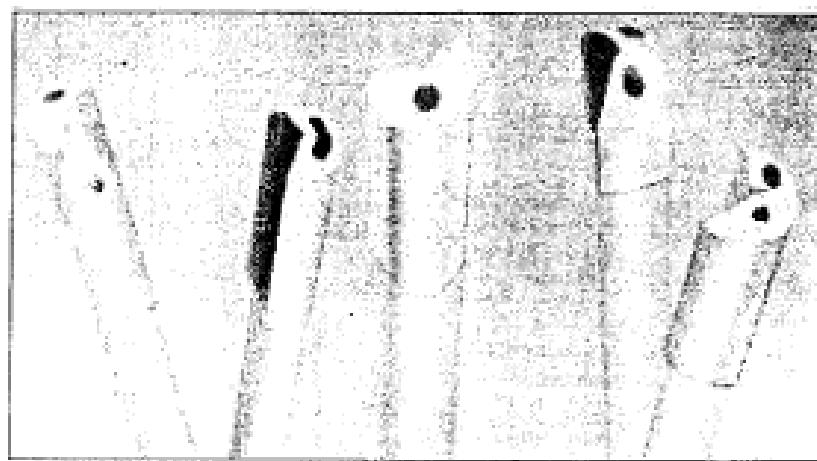
Để mũi khoan định hướng vào vật liệu được chính xác, thường khi khoan các mũi khoan nhỏ, yếu ta thường dùng bạc dẫn hướng và khoan mỗi để định hướng mũi khoan được tốt.

Lực dọc trực khi khoan rất lớn (khi khoan các lỗ  $\phi 50\text{mm}$  trên thép cacbon có  $\sigma_B = 500$  đến  $600\text{MN/m}^2$  với  $S = 0,85\text{mm/vòng}$  thì lực dọc trực 3 tấn), do vậy khi khoan các lỗ lớn ta thường chia ra mấy lần khoan.

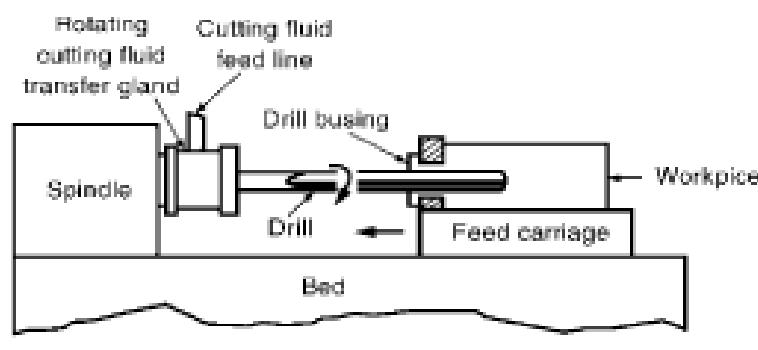
**Bảng 5.9 Giới thiệu chế độ cắt khi khoan**

Vật liệu gia công	Tốc độ cắt (m/s)	Lượng chạy dao (mm/vòng) 1,5 mm	Lượng chạy dao (mm/vòng) Từ 1,5 → 50 mm
Hợp kim nhôm	0,5 – 2	0,025	0,75
Thép	0,3 – 0,5	0,025	0,75
Thép không gi	0,2 – 0,3	0,025	0,45
Hợp kim titan	0,1 – 0,3	0,01	0,3
Gang	0,3 - 1	0,025	0,75

Khi khoan các lỗ sâu, tỷ lệ giữa chiều sâu lỗ và đường kính lên tới 300 hoặc cao hơn ta thường dùng mũi khoan nòng súng (Hình 5.30).

**Hình 5.30 Mũi khoan nòng súng**

Lực hướng kinh xô đẩy mũi khoan được triệt tiêu bởi đường viền của các me trên mũi khoan. Do vậy, mũi khoan nòng súng có tính tự định tâm rất cao. Điều này là rất quan trọng để khoan các lỗ sâu. Chất bôi trơn và làm nguội được bơm vào với áp suất cao dọc theo lỗ của mũi khoan để tạo điều kiện đẩy phoi ra dễ dàng. Tốc độ cắt khi khoan nòng súng thường cao và lượng chạy dao thấp. Hình 5.31 giới thiệu một biện pháp khi khoan lỗ sâu bằng mũi khoan nòng súng.



Source: Eldorado tool and manufacturing corporation

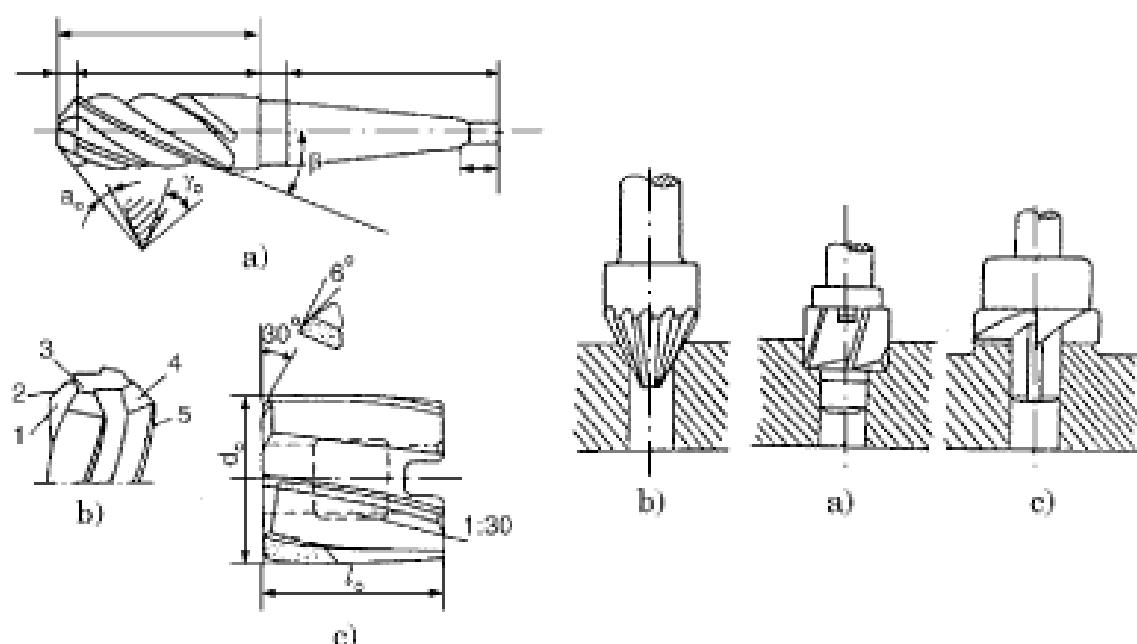
**Hình 5.31 Phương pháp khoan nòng súng**

### 3) Khoét

Khoét là phương pháp gia công lỗ được dùng trong những trường hợp sau:

- Cần nâng cao độ chính xác sau khi khoan.
- Dùng làm nguyên công (hay bước) trung gian chuẩn bị cho nguyên công doa.
- Thay cho nguyên công khoan ở những chi tiết có lỗ đúc hoặc dập sẵn có lớp bỉm mặt chai cứng.

Nhìn bě ngoài mũi khoét tương tự như mũi khoan, nhưng có 3 hoặc 4 lưỡi cắt và không có lưỡi ngang. Độ cứng của mũi khoét cao hơn mũi khoan. Ngoài mũi khoét trụ thông thường, tùy theo công dụng mà có nhiều loại mũi khoét khác nhau như khoét lỗ bậc, khoét lỗ côn (Hình 5.32).



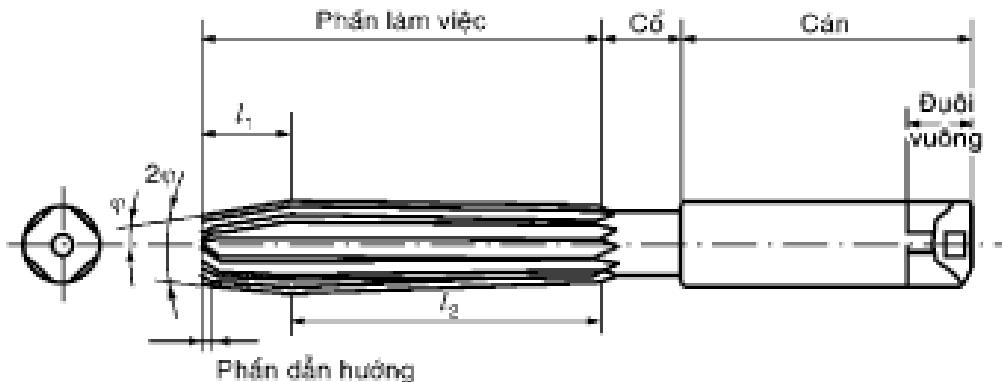
*Hình 5.32 Các loại dao khoét và khả năng gia công của nó*

Khoét đạt được độ chính xác và độ nhẵn bóng cao hơn khoan. Độ chính xác có thể đạt từ cấp 10 đến 12 và  $R_z = 2,5$  đến  $10 \mu\text{m}$ . Với yêu cầu tương đương, khoét có thể là nguyên công cuối.

### 4) Doa

Doa là phương pháp gia công tinh lỗ sau khi đã được khoan hoặc khoét. Doa được thực hiện trên máy khoan, doa hay máy tiện.

Dao doa có độ cứng vững rất cao, lưỡi cắt thường bố trí không đối xứng nên khắc phục được hiện tượng rung động. Dao có nhiều lưỡi cắt, các lưỡi này có thể thẳng hoặc xoắn và góc trước có giá trị lớn do vậy doa có thể cắt được lớp phoi rất mỏng. Khi doa thô chiều sâu cắt khoảng 0,25 đến 0,5mm, còn doa tinh chiều sâu cắt khoảng 0,05 đến 0,15mm. Hình 5.33 giới thiệu kết cấu của dao doa.



**Hình 5.33 Dao doa**

Phương pháp doa gồm doa tay và doa máy. Mũi doa tay có lưỡi cắt dài hơn, mục đích để dẫn hướng tốt. Chiều dài của phần côn là khác nhau. Phần côn của dao doa máy chọn ngắn khi doa các lỗ không thông hoặc khi vật liệu của chi tiết dai hoặc mềm. Phần côn chọn dài khi gia công vật liệu cứng. Phần dẫn trụ tiếp giáp với phần côn để sira đúng và làm bóng lỗ. Sau phần trụ là phần côn ngược (độ côn rất nhỏ) để giảm ma sát giữa lỗ và dụng cụ. Khi gia công các lỗ có rãnh dọc ta dùng dao doa lưỡi xoắn để ngăn ngừa hiện tượng xốc và kẹt mũi doa. Mũi doa được tiêu chuẩn hóa.

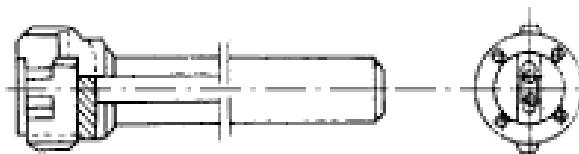
Khi doa máy có thể thực hiện bằng doa cường bức và doa tùy động.

Khi doa cường bức, dao doa lắp cứng vào trục máy. Khi này, thường xảy ra hiện tượng lay rộng lỗ. Nguyên nhân chủ yếu là do:

- Tồn tại độ không đồng tâm giữa trục dao doa và trục chính của máy.
- Dao doa mài không tốt, có sự không đồng nhất giữ các lưỡi dao, có lẹo dao xuất hiện ở một số lưỡi.
- Vật liệu ở thành lỗ gia công không đồng đều

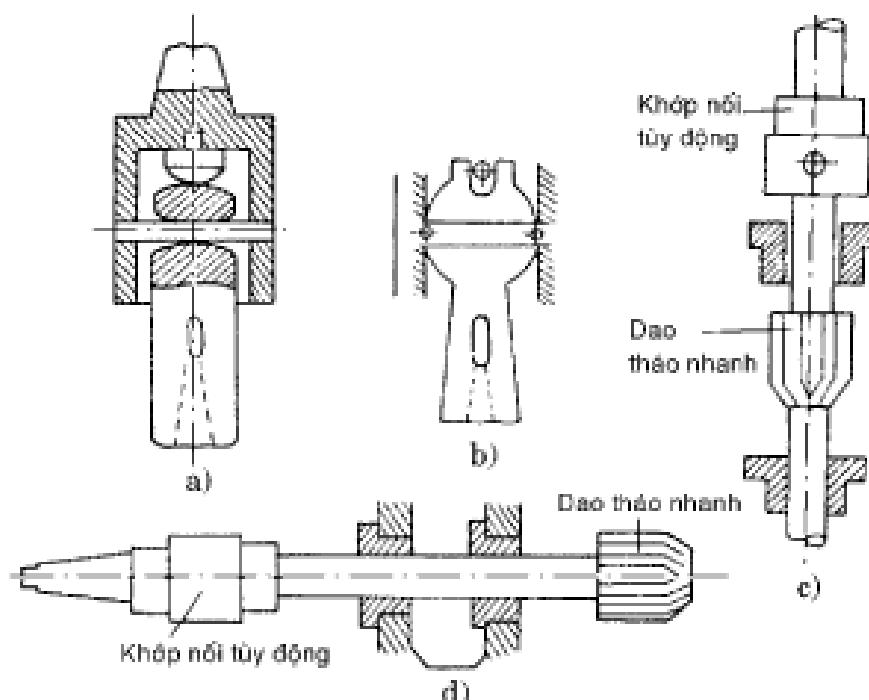
Để tránh những hiện tượng trên ta dùng phương pháp doa tùy động. Phương pháp này có thể thực hiện bằng hai cách:

Dùng trục doa tùy động: Trục dao doa không nối cứng với trục chính của máy mà nối lắc lư. Dao doa lúc này được định hướng bằng lỗ gia công do đó không chịu ảnh hưởng sai lệch của trục chính và độ không đồng tâm của trục chính và trục dao (Hình 5.34).



**Hình 5.34 Trục doa tùy động**

Dao doa tùy động: Đây là loại dao doa đơn giản, chỉ có hai lưỡi cắt (Hình 5.34). Lưỡi dao doa có khả năng xê dịch ít nhiều theo hướng kính để tự lựa theo lỗ đã gia công. Loại này thường dùng để gia công các lỗ có đường kính lớn từ 75mm đến 150mm. Ưu điểm là đơn giản, gọn nhẹ và đảm bảo được độ chính xác gia công. Do số lưỡi ít, dao chóng mòn nhưng mài lại dễ dàng.

*Hình 5.35 Dao doa tùy động*

Trong sản xuất đơn chiếc, sửa chữa còn dùng phương pháp doa tay. Dao có góc φ nhỏ hơn so với dao doa máy. Phần dẫn dài, nhiều lưỡi cắt. Khi cắt, dao hoàn toàn dựa vào lỗ có sẵn nên không chịu ảnh hưởng của sai lệch máy. Nếu công nhân có tay nghề, độ chính xác có thể cao hơn doa máy. Tuy vậy, dùng doa tay sẽ tốn nhiều công sức và giá thành sẽ cao.

Tóm lại, doa là một phương pháp gia công lỗ thông dụng để đạt độ chính xác cấp 7 và cấp 8 nhưng cần lưu ý một số trường hợp sau:

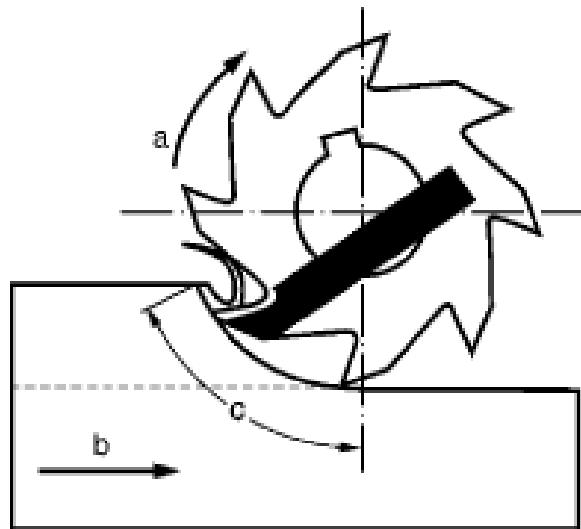
- Chỉ nên doa các lỗ có đường kính tới 80mm. Không nên doa các lỗ lớn và không tiêu chuẩn.
- Không nên doa các lỗ ngắn, lỗ không thông, lỗ có rãnh. Khi doa các lỗ ngắn, khả năng định hướng dao doa kém do đó lỗ dễ bị lay rộng. Nếu lỗ không thông, sẽ không doa được tới đáy lỗ.

## 5.6 CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG TẠO RA CHI TIẾT DẠNG KHÔNG TRÒN XOAY

### 5.6.1 Phương pháp phay

#### 1) Khái niệm

Phay là một trong những phương pháp gia công vạn năng nhất, có khả năng tạo ra được những bề mặt rất khác nhau. Dao phay là dụng cụ cắt nhiều lưỡi và tạo ra nhiều phoi sau một vòng quay của dụng cụ. Phay là phương pháp trong đó dụng cụ quay tạo ra tốc độ cắt còn chi tiết gia công chuyển động tịnh tiến thực hiện chuyển động chạy dao (Hình 5.36).



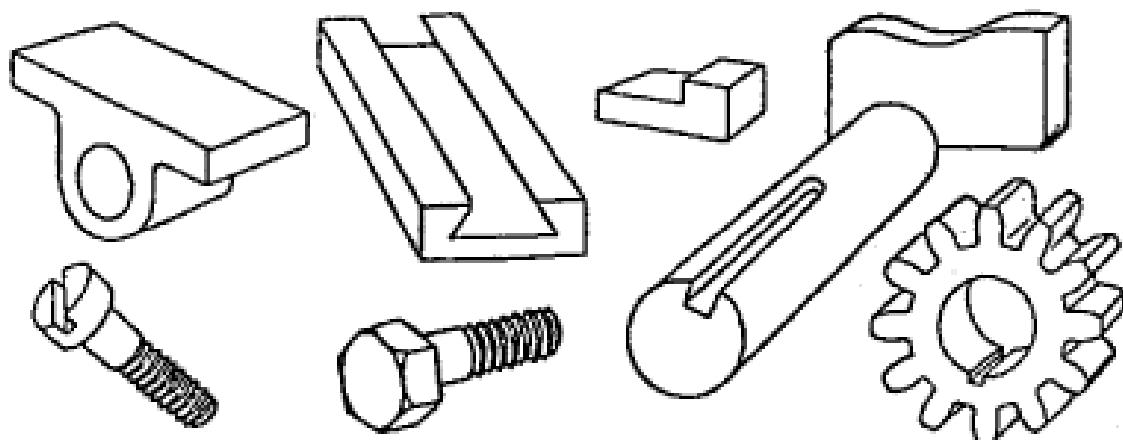
*Hình 5.36 Chuyển động tạo hình của phay*

### 2) *Khả năng công nghệ của phay*

#### a) *Khả năng tạo hình*

Phay có khả năng tạo hình rộng rãi, ngoài mặt phẳng còn có thể gia công được nhiều bề mặt định hình khác nhau.

Tùy theo kết cấu của dao phay và kiểu máy phay sử dụng mà các dạng bề mặt khác nhau được biểu thị như Hình 5.37.



*Hình 5.37 Khả năng tạo hình của phay*

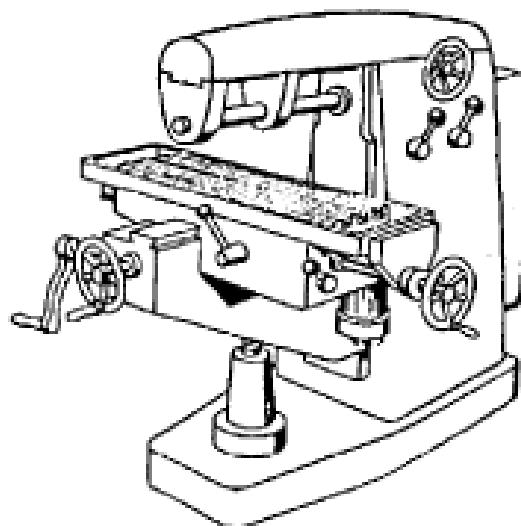
#### b) *Khả năng đạt được độ nhám và độ chính xác*

Phay có khả năng đạt: cấp chính xác 11 đến 8 và độ nhám bề mặt  $R_a$  từ  $6,3\mu m$  đến  $0,8\mu m$ .

### 3) *Máy phay*

Máy phay là một trong những máy công cụ có tính vận năng cao. Trong thực tế có những loại như sau:

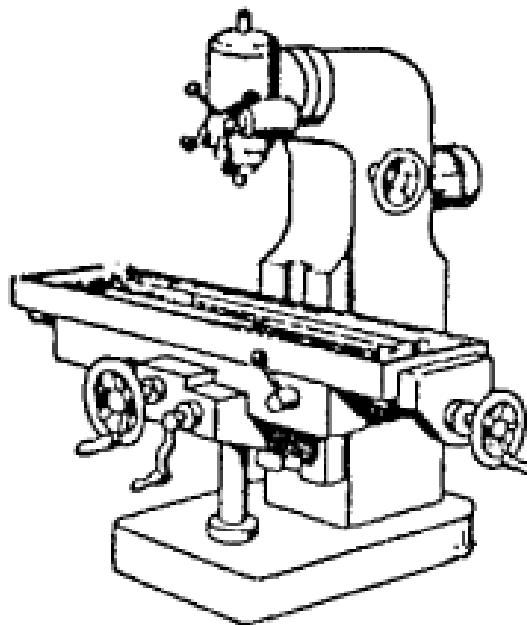
*Máy phay nằm ngang* (Hình 5.38).



*Hình 5.38 Sơ đồ minh họa máy phay nằm ngang*

Đặc trưng của máy phay nằm ngang là trục chính được lắp theo phương ngang. Nó thích hợp cho dao phay trụ, dao phay đĩa...

*Máy phay thẳng đứng* (Hình 5.39)



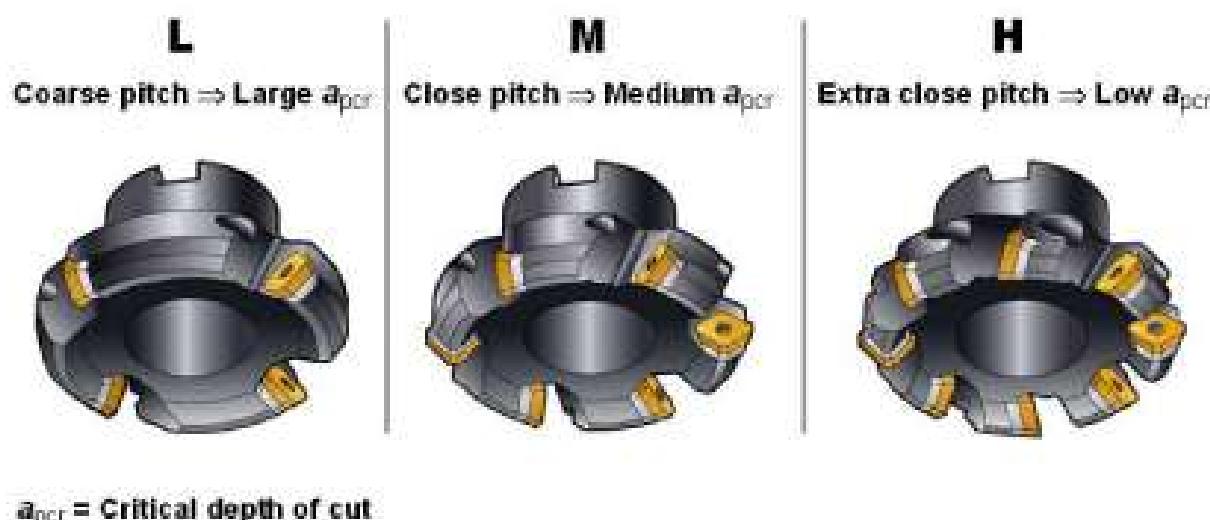
*Hình 5.39 Sơ đồ minh họa máy phay đứng*

Loại máy phay này thường lắp dao phay mặt đầu, dao phay ngón và trực mang dao có thể điều chỉnh theo phương thẳng đứng hoặc nằm ngang.

#### *4) Dao phay*

Dao phay thường được chế tạo từ thép cắt tốc độ cao hoặc gắn mảnh hợp kim cứng. Trong quá trình chế tạo khuôn mẫu, phương pháp phay với các loại dao phay khác nhau đóng vai trò quan trọng trong việc tạo hình các bề mặt.

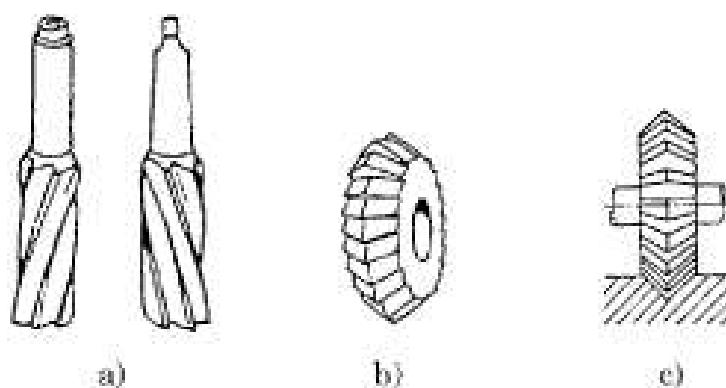




Hình 5.42 Dao phay mặt đầu có gắn mảnh hợp kim

### Dao phay ngón

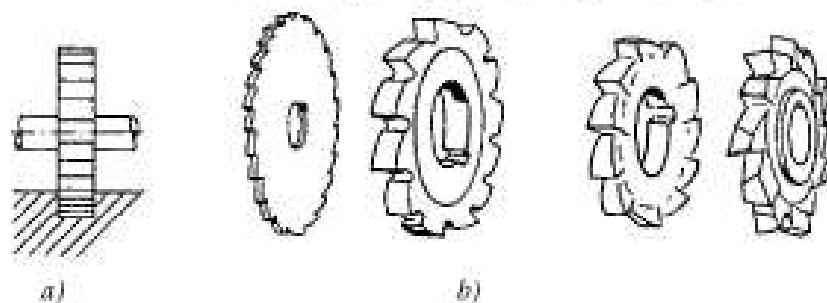
Dao phay ngón được dùng trên máy phay thẳng đứng hoặc nằm ngang cho các dạng bề mặt khác nhau như mặt phẳng, rãnh hoặc mặt định hình. Dao phay ngón thường có hai, ba, bốn hoặc nhiều hơn các rãnh và các lưỡi cắt vừa ở chu vi và ở mặt đầu. Trong thực tế có thể có loại dao phay ngón một phía hoặc hai phía với chuỗi côn hoặc trụ (Hình 5.43a). Ngoài dao phay ngón, thông thường còn có loại đặc biệt như dao phay ngón cầu (Hình 5.43b), dao phay ngón góc (Hình 5.43c).



Hình 5.43 a) Dao phay ngón; b) Dao phay ngón cầu; c) Dao phay góc

### Dao phay đĩa

Để tạo các rãnh trên chi tiết, thường dùng dao phay đĩa (một, hai hoặc ba mặt).



Hình 5.44 a) Dao phay đĩa ở vị trí làm việc; b) Các loại dao phay đĩa

### 5) Biện pháp công nghệ

#### a) Phay mặt phẳng

Trên các chi tiết máy, thường có các bề mặt phẳng với các công dụng khác nhau. Các mặt phẳng này thường được phay bằng các dao phay hình trụ, dao phay mặt đầu, dao phay ngón hoặc dao phay đĩa.

##### *Phay bằng dao phay trụ*

Trục của dao song song với bề mặt gia công của chi tiết. Dụng cụ cắt có dạng hình trụ và các lưỡi cắt được bố trí trên chu vi của hình trụ.

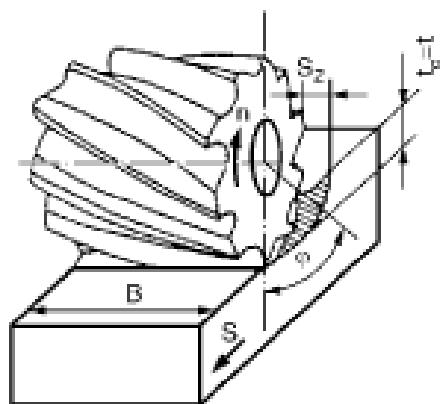
Tốc độ cắt:

$$V = \pi Dn$$

trong đó:  $D$  - đường kính của dụng cụ  
 $n$  - tốc độ vòng của dụng cụ.

Các lưỡi cắt của dao phay hình trụ có thể bố trí song song với trục dao hoặc xoắn. Lưỡi xoắn được ưa chuộng hơn vì quá trình cắt êm hơn, tải trọng riêng nhỏ hơn và chất lượng bề mặt và độ chính xác tốt hơn.

Chiều dày của phoi trong phay trụ là thay đổi dọc theo chiều dài của nó (Hình 5.45).



**Hình 5.45** Phoi khi phay dao hình trụ

Chúng ta có thể xác định gần đúng giá trị trung bình của nó theo công thức:

$$t_p = 2.s_z \sqrt{\frac{t}{D}} \quad (5.3)$$

trong đó:  $s_z$  - lượng chạy dao răng ( $mm/răng$ );  $t$  - chiều sâu cắt ( $mm$ ).

Lượng chạy dao răng có thể xác định theo công thức:

$$S_z = \frac{s_{ph}}{z.n} \quad (5.4)$$

trong đó:  $s_{ph}$  - lượng chạy dao phút ( $mm/phút$ );  $z$  - số răng của dao.

Thời gian cắt ( $T_o$ ):

$$T_o = (L + l_1)/z_{ph}$$

$l_1$  - lượng ăn tối và vượt quá của dao

Vì  $l_1 \ll L$ , do vậy tốc độ tách vật liệu là:

$$V = \frac{L \cdot b \cdot t}{T_o} = b \cdot t \cdot z_{ph} \quad (5.5)$$

**Ví dụ:** Gia công mặt phẳng bằng dao phay trụ. Chi tiết gia công có chiều dài 300mm, chiều rộng 100. Lượng chạy dao răng  $s_z = 0,25$ , chiều sâu cắt  $t = 3mm$ . Đường kính dao phay trụ  $D = 50mm$  có 20 răng thẳng, tốc độ vòng của dao  $n = 100v/p$ . Tính tốc độ tách vật liệu và tính toán thời gian cắt.

**Giải:**

Từ (5.3), chúng ta có thể tính được lượng chạy dao phút  $s_{ph} = s_z \cdot n \cdot z$

$$S_{ph} = (0,25) \times (100) \times (20) = 500 \text{ mm/phút}$$

Từ phương trình (5.4) ta có:

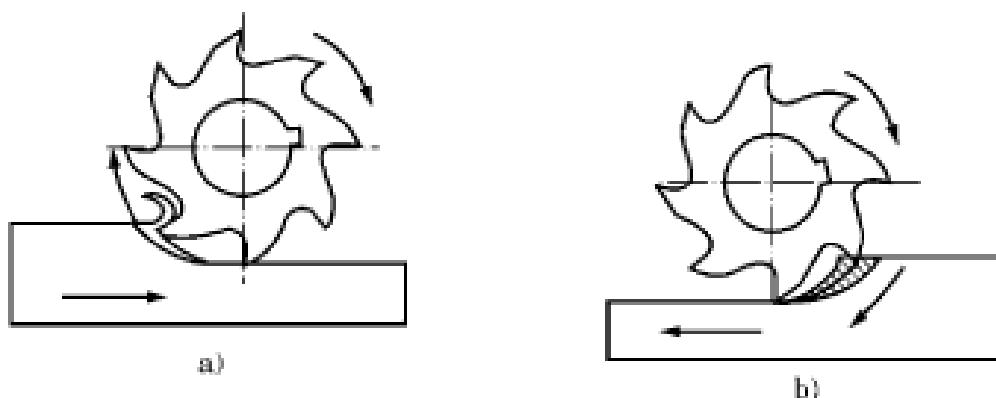
$$V = (100)(3)(500) = 150.000 \text{ mm}^3/\text{phút}$$

Thời gian gia công cơ bản:

$$T_o = (300)/(500) = 0,6 \text{ phút} = 36 \text{ giây}$$

### Phay thuận, phay nghịch

Khi gia công bằng dao phay trụ, tùy theo chiều quay của dao, hướng tiến dao, người ta phân chung thành hai loại phay thuận và phay nghịch (Hình 5.44).

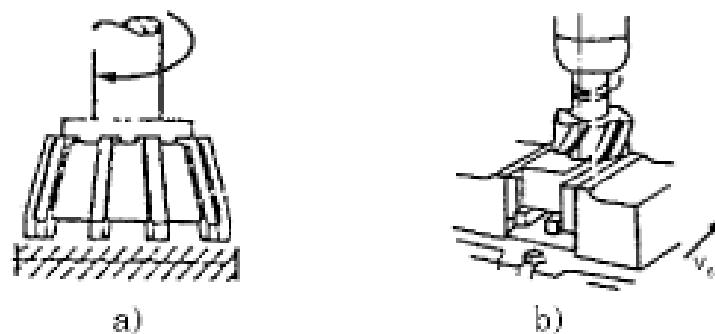


**Hình 5.46 (a) Phay nghịch; (b) Phay thuận**

Phương pháp phay nghịch được dùng phổ biến ở nước ta vì quá trình phay ít bị va đập. Tuy vậy, phay thuận có ưu điểm là không gây hiện tượng trượt khi ăn dao do vậy khi máy đảm bảo độ cứng vững thì chất lượng bề mặt có thể được cải thiện và nâng cao được năng suất. Khi cắt thô, bề mặt phôi có lớp vỏ cứng thì dùng phay nghịch còn khi phay tinh với lượng dư nhỏ hoặc cắt kim loại mềm thì dùng phay thuận có hiệu quả hơn.

### *Phay bằng dao phay mặt đầu*

Trong phay mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu, dao lắp trên trục chính có trục quay vuông góc với bề mặt chi tiết (Hình 5.47a). Dao quay với tốc độ vòng  $n$  và bàn máy mang chi tiết chuyển động chạy dao thẳng  $s_{ph}$ . Khi dao quay như Hình 5.47a ta có phay nghịch còn dao quay theo Hình 5.47b ta có phay thuận. Vật liệu dụng cụ cắt thường là hợp kim cứng hoặc thép cắt tốc độ cao và được ghép vào thân dao (Hình 5.47b).



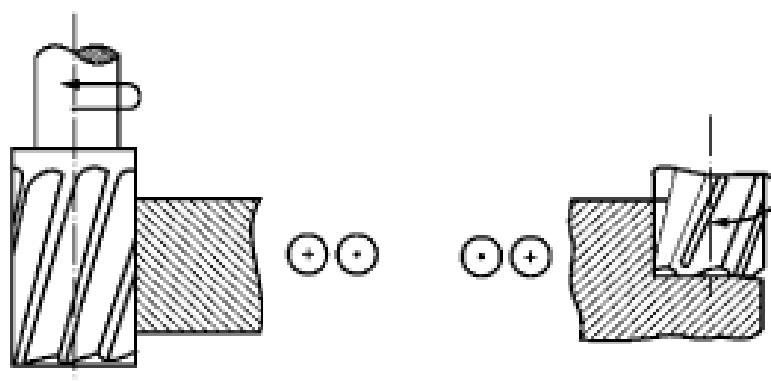
*Hình 5.47 Phay mặt phẳng bằng dao phay mặt đầu*

Khi dùng dao phay mặt đầu để gia công mặt phẳng có nhiều ưu điểm so với dao phay trụ:

- Ta có thể dùng dao phay có đường kính lớn, cắt được mặt phẳng có chiều rộng lớn, nâng cao được năng suất gia công mà không bị kích thước đầu máy hạn chế.
- Không cần đến trục gá dao nên độ cứng vững của trục dao cao hơn, có thể cho phép nâng cao chế độ cắt.
- Khi cắt đồng thời nhiều lưỡi cắt, đảm bảo quá trình cắt êm hơn dao phay hình trụ.
- Dễ chế tạo dao răng chắp.
- Mài dao dễ hơn.

### *Phay bằng dao phay ngón*

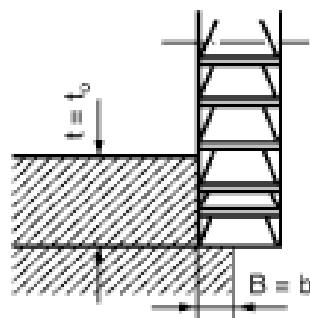
Dao phay ngón ngoài công dụng gia công rãnh còn được dùng khi phay các mặt phẳng bậc nhô nhưng chiều cao cách nhau tương đối lớn (Hình 5.48).



*Hình 5.48 Phay bằng dao phay ngón*

### *Phay bằng dao phay đĩa*

Dao phay đĩa hai hoặc ba mặt làm việc như dao phay mặt đầu, nhưng mặt cắt ở vị trí thẳng đứng, thẳng góc với trục dao nằm ngang (Hình 5.49).



*Hình 5.49 Phay mặt phẳng bằng dao phay đĩa*

Khi phay rãnh hoặc mặt phẳng bậc nó làm việc như dao phay trụ kết hợp phay mặt đầu.

#### *b) Phay rãnh then, then hoa*

##### *Phay rãnh then*

Phay rãnh then đối với các chi tiết không qua mài thường thực hiện sau khi tiện lần cuối. Nếu mặt trụ có rãnh then cần mài thì phải tiến hành phay rãnh then sau khi mài và để đảm bảo độ đối xứng của rãnh then và trục ta thường lấy trục đã được mài để làm chuẩn gá đặt.

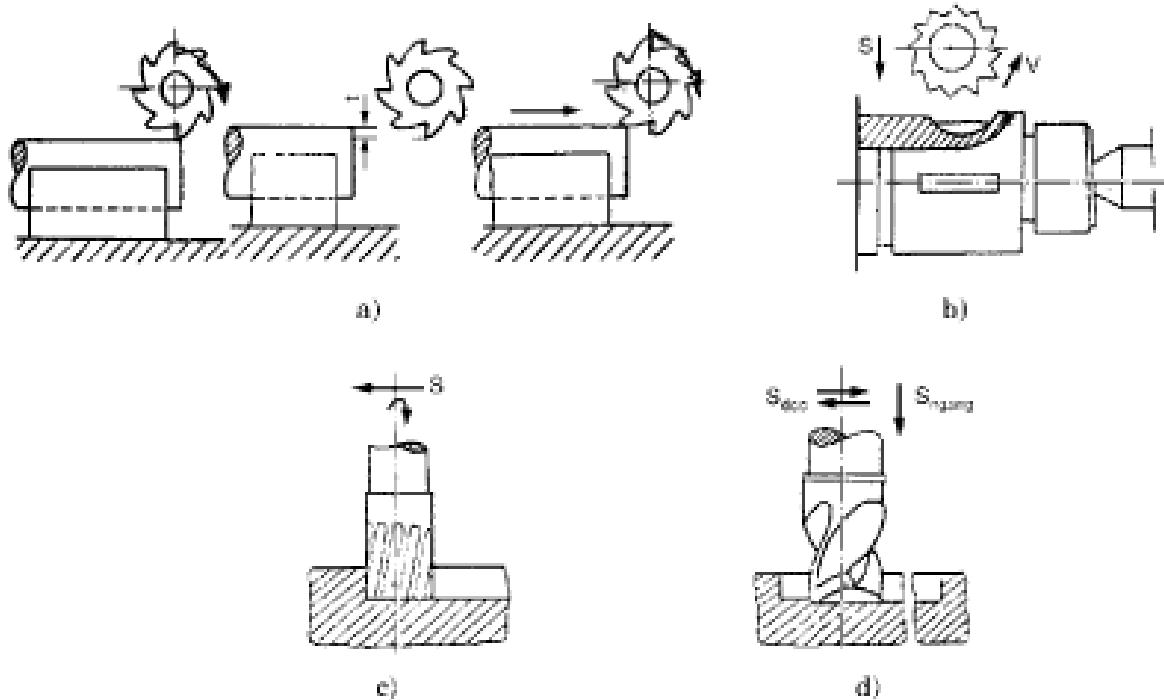
Các phương pháp phay rãnh then có thể là:

##### *Phay bằng dao phay đĩa ba mặt (Hình 5.50a)*

Phương pháp này có năng suất cao khi đường kính dao phay lớn, thường thực hiện trên máy phay ngang. Tuy nhiên độ chính xác không cao vì do biến dạng đàn hồi của trục dao, do độ không thẳng góc của trục dao với mặt bên của dao, do kích thước của bề rộng dao thay đổi sau nhiều lần mài, do mài không đúng các lưỡi cắt,... Do vậy, muốn có rãnh then chính xác phải dùng hai dao đĩa mỏng, giữa có đệm mỏng hoặc dao có bề rộng nhỏ hơn bề rộng rãnh then và cắt làm hai lần. Tuy nhiên năng suất sẽ giảm và độ chính xác đạt được còn phụ thuộc vào tay nghề công nhân.

Khi phay rãnh then bán nguyệt (Hình 5.50b), ta chỉ cần chạy dao hướng kính. Đường kính dao bị hạn chế bởi đường kính then do vậy tốc độ cắt thấp và dẫn đến năng suất thấp.

*Phay rãnh then bằng dao phay ngón* (Hình 5.50c,d). Khi gia công rãnh then bằng ta có thể sử dụng dao phay ngón thông thường hay dao phay ngón chuyên dùng. Đối với dao phay ngón thông thường chỉ cần thực hiện một hay hai lần chạy dao, tuy nhiên nếu gia công rãnh then kín thì phải khoan trước một lỗ đúng bề rộng rãnh then sau đó cho dao ngón xuống cắt. Vì loại dao này không có lưỡi cắt mặt đầu nên không thực hiện được ăn dao theo hướng trục dao.

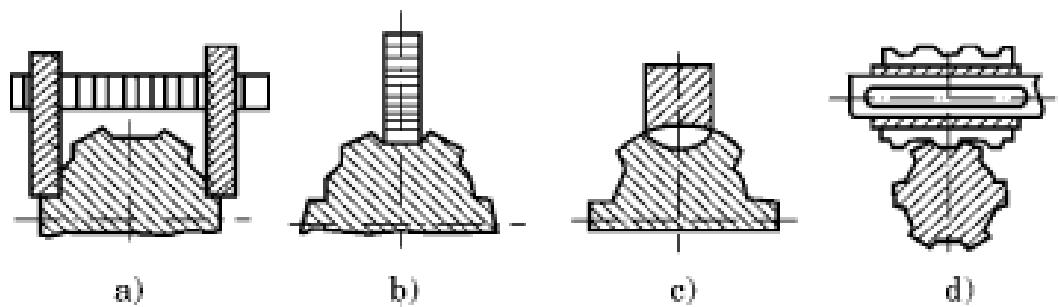


*Hình 5.50 Phay rãnh then*

Nếu sử dụng dao phay rãnh then chuyên dùng thì không phải khoan lỗ trước nhưng số lần chạy dao sẽ nhiều hơn (loại dao này chỉ cắt với chiều sâu cắt nhỏ  $t = 0,05 \div 0,25\text{mm}$ ). Tuy nhiên, năng suất vẫn cao do giảm được bước khoan mồi.

### *Phay then hoa*

Phay then hoa có thể thực hiện bằng một hay hai dao khác nhau tùy theo sản lượng. Trong sản xuất hàng loạt, then hoa được thực hiện bằng hai lần cắt hoặc dao phay định hình (Hình 5.51a, b).



*Hình 5.51 Sơ đồ phay trực then hoa*

Khi phay hai lần cắt, trước hết phay hai mặt bên bằng hai dao phay đĩa sau đó phay phần mặt trụ của then hoa.

Trong sản xuất hàng khối hoặc loạt lớn, then hoa được phay bao hình trên máy phay lăn răng và dao phay lăn then hoa (Hình 5.51d).

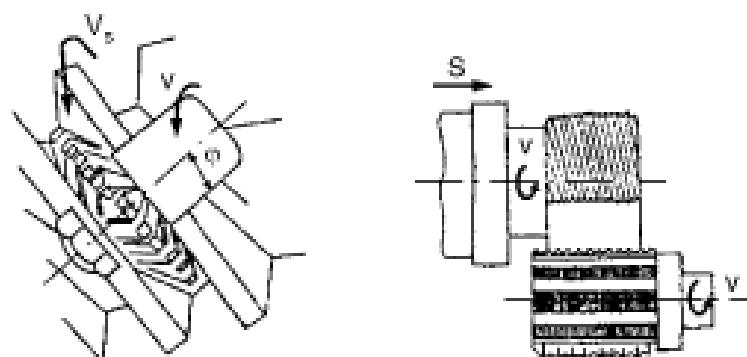
### *c) Phay ren*

Phay ren có thể thực hiện bằng dao phay đĩa hoặc dao phay răng lược (Hình 5.52a,b)

Khi phay bằng dao phay đĩa, trực dao phải nghiêng so với trực chi tiết một góc  $\varphi$  bằng góc nâng của ren:

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\beta = \frac{S}{\pi \cdot d_{tb}}$$

ở đây:  $d_{tb}$  - đường kính trung bình của ren;  
 $S$  - bước của ren.



*Hình 5.52 Các phương pháp phay ren*

Thực tế trên chi tiết ren, góc nâng chỉ xác định trên đường kính trung bình, nhưng nếu xoay trực gá dao đi một góc  $\varphi$  thì trên mọi đường kính của ren đều có góc nâng là  $\varphi$ , do đó góc được phay ra đều có sai số dạng ren. Mặt khác, dao đã quay góc  $\varphi$  do đó muốn có biên dạng ren trong mặt phẳng đọc là đường thẳng thì lưỡi dao phải có dạng cong. Như vậy, dao chế tạo quá phức tạp nên người ta chỉ chế tạo dao với lưỡi cắt đường thẳng cho đơn giản và chịu sai số dạng ren. Vì vậy phay ren chỉ sử dụng khi ren yêu cầu độ chính xác không cao hoặc gia công thô sau đó gia công lại bằng phương pháp khác mặc dù phay ren có năng suất rất cao so với tiện.

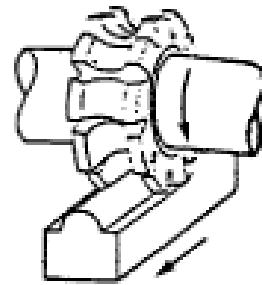
Phay ren bằng dao phay răng lược hình trụ có độ chính xác và năng suất cao hơn nhiều so với phay bằng dao phay đĩa. Dao phay răng lược hình trụ tương đương với nhiều dao phay đĩa ghép lại. Trong phương pháp này, trực dao được gá song song với trực của chi tiết gia công. Khi làm việc, chi tiết quay chậm và tịnh tiến đọc trực, lượng tịnh tiến chỉ cần một cho đến hai bước ren, dao chỉ chuyển động quay (Hình 5.52b).

#### *d) Phay các mặt định hình*

Phay có khả năng gia công được các mặt định hình bằng các phương pháp sau:

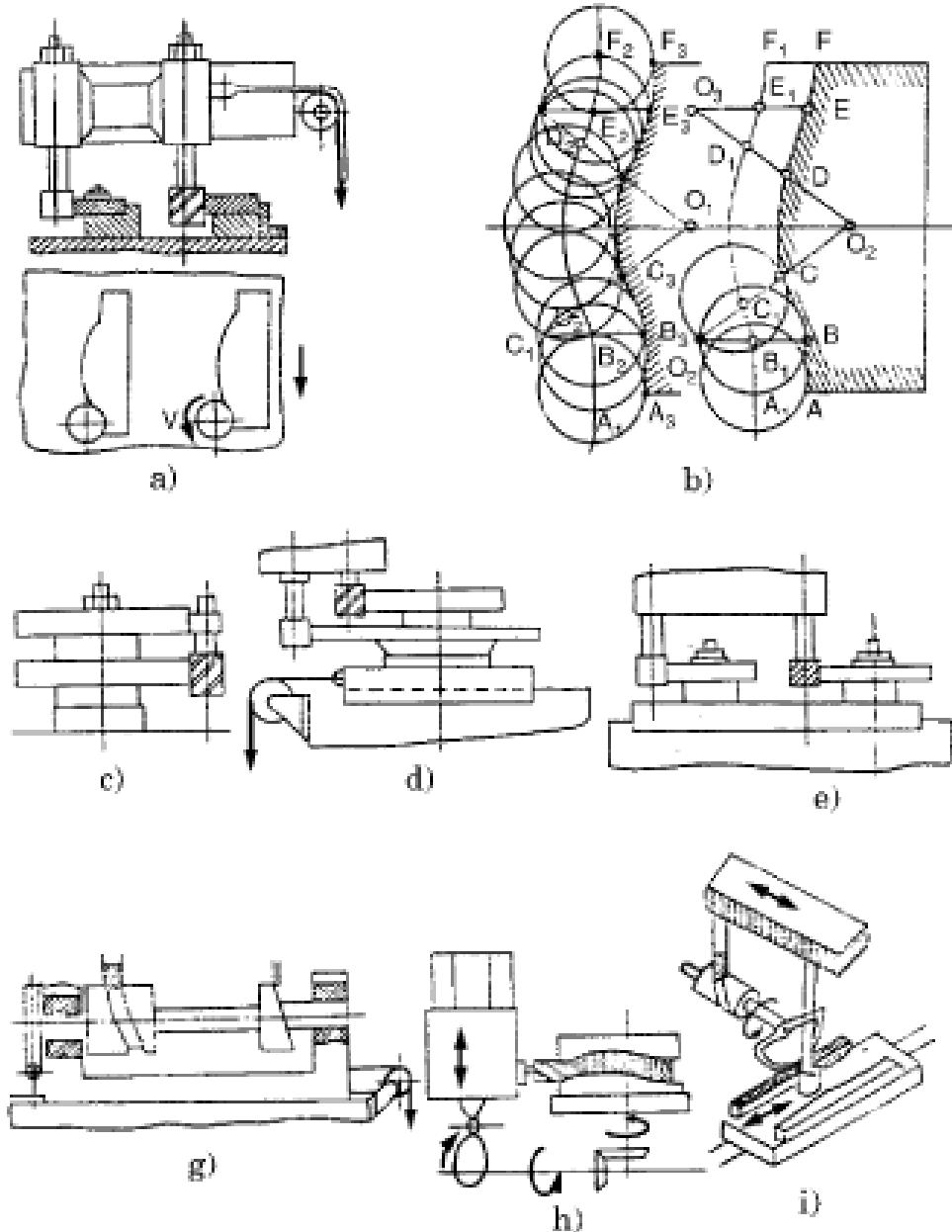
##### *Phay mặt định hình bằng dao định hình (Hình 5.53)*

Phương pháp này có khả năng gia công được các mặt định hình có đường sinh thẳng. Tuy nhiên, giá thành gia công cao vì chế tạo dao khó, chế độ cắt không cao và khác nhau ở các đường kính khác nhau và mài mòn không đều do đó năng suất không thấp. Độ chính xác gia công phụ thuộc nhiều vào độ chính xác chế tạo dao, phương pháp gá đặt. Diễn hình cho phay định hình là khi gia công bánh răng.



**Hình 5.53 Phay mặt định hình bằng dao định hình**

Phương pháp này dựa theo mẫu đã chế tạo trước, không cần đến dao phay định hình mà có thể dùng dao phay thông thường. Hình 5.54 giới thiệu một số sơ đồ phay chép hình theo đường.



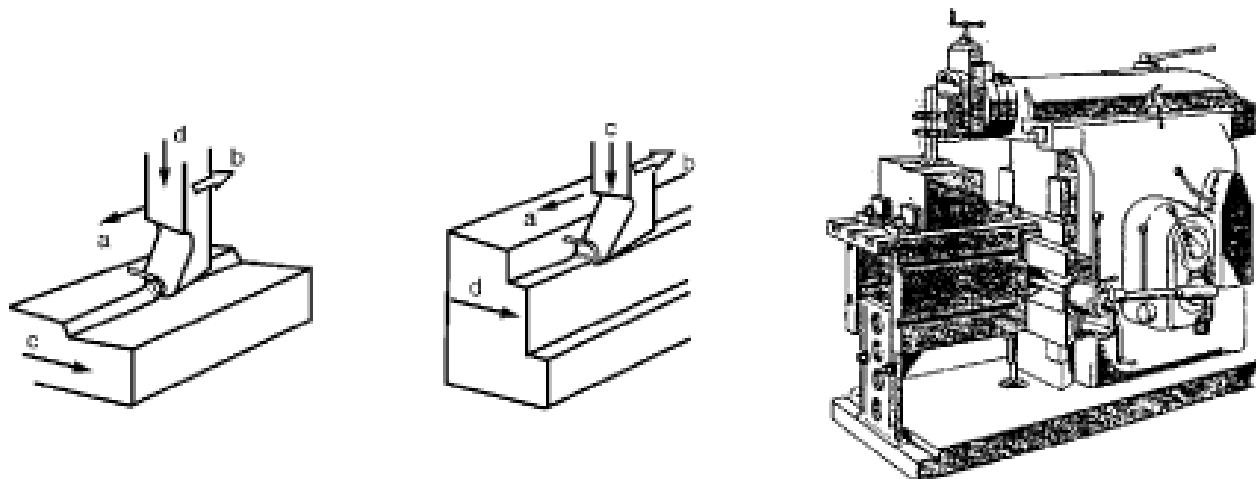
*b) Phay chép hình theo đường*

**Hình 5.54 Phay chép hình theo đường**

### 5.6.2 Bào và xọc

#### 1) Khái niệm

Bào và xọc là những phương pháp gia công được dùng rộng rãi trong sản xuất hàng loạt, nhất là loại nhỏ và trong sản xuất đơn chiếc. Những công việc được thực hiện trên máy bào và máy xọc không cần tới đồ gá và dao cụ phức tạp như khi thực hiện trên máy khác. Trong các xí nghiệp cơ khí nhỏ, bên cạnh máy tiện, thường trang bị thêm máy bào và đôi khi cả máy xọc.



Hình 5.55 Nguyên công bào

#### 2) Khả năng công nghệ của phương pháp bào và xọc

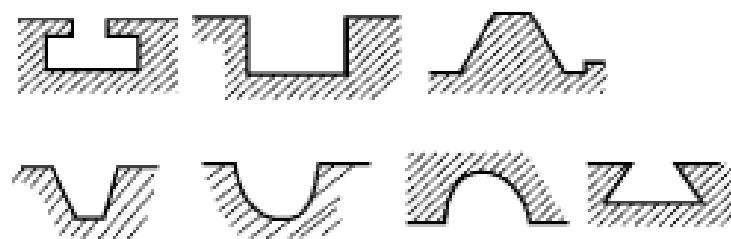
Bào và xọc là những phương pháp gia công có tính vạn năng cao, cùng có các chuyển động cắt đơn giản, bào chuyển động tịnh tiến theo phương nằm ngang còn xọc - theo phương thẳng đứng. Do chuyển động cắt theo hai phương khác nhau nên tính vạn năng và khả năng công nghệ cũng khác nhau. Tuy vậy năng suất của chúng đều thấp vì những lý do sau:

- Chỉ có thể tiến hành gia công với một hay vài lưỡi cắt.
- Tốn thời gian trên hành trình chạy không.
- Vận tốc cắt trên máy bào và máy xọc tương đối thấp vì thực hiện chuyển động thẳng khứ hồi với vận tốc lớn sẽ vô cùng khó khăn do lực quán tính sẽ rất lớn khi đổi chiều chuyển động.

Đa số các máy bào có vận tốc cắt khoảng  $12 \div 22m/ph$ , còn vận tốc của máy xọc thì không vượt quá  $12m/ph$ . Đối với các máy bào hiện đại vận tốc cắt ngang cũng không vượt quá  $50m/ph$ . Riêng đối với máy bào giường cao tốc đặc biệt thì vận tốc có thể tới  $90m/ph$ , song máy này khá phức tạp và sử dụng không phổ biến.

Kết cấu của dao bào không khác gì dao tiện về hình dạng hình học của bộ phận cắt, còn dao xọc có bộ phận cắt hơi khác vì chuyển động tịnh tiến song song với tâm của cán dao tiện và dao bào. Nói chung dao bào và dao xọc cũng như dao tiện, dễ chế tạo và rẻ tiền so với các loại dao khác.

Ngoài việc gia công được mặt phẳng, bào có khả năng gia công được các mặt định hình có đường sinh thẳng (Hình 5.56).



*Hình 5.56 Khả năng công nghệ của bào*

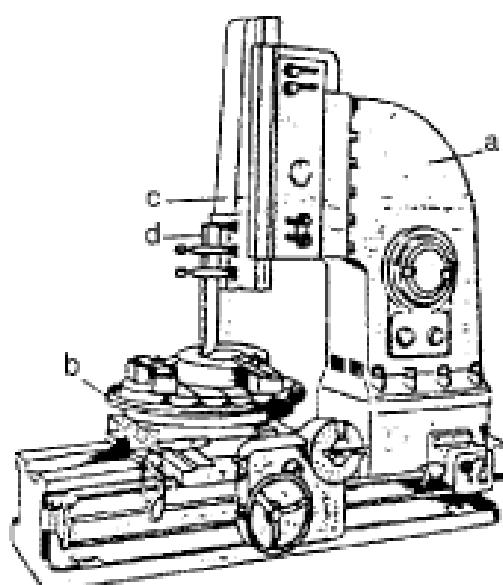
Bào còn có ưu điểm là khi chuyển từ việc gia công mặt hàng khác thì mọi phí tổn và thời gian chuẩn bị đều ít nên thích hợp với dạng sản xuất nhỏ.

Phương pháp bào có thể gia công nhỏ, gia công tinh và gia công tinh mỏng. Băng dao bào rộng bàn có thể gia công lỗ lót cuối đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng cao. Chất lượng gia công của phương pháp bào được cho trong Bảng 5.10.

*Bảng 5.10 Độ chính xác đạt được và độ nhám khi bào*

Các dạng bào	Bào thô	Bào tinh	Bào tinh mỏng
Độ chính xác	Cấp 13 ÷ 12	Cấp 13 ÷ 12	Cấp 7 ÷ 6 riêng độ thẳng tới $0,02\text{mm}/1000\text{mm}$
Độ $R_s$ ( $\mu\text{m}$ )	80		
Nhám $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )		2,5	1,25 ÷ 0,63

Xoc chủ yếu để gia công các mặt trong và các lỗ lớn như rãnh then trên ống, trên bánh răng; lỗ của biến máy hơi nước,... Thực chất, máy xoc rất giống máy bào ngang, chỉ khác nhau ở chỗ đầu xoc mang dao ở vị trí thẳng đứng nên hình dáng, kết cấu của dao cũng phải thích ứng theo (Hình 5.57).



*Hình 5.57 Xoc rãnh then*

a) Bộ máy xoc; b) Đầu phân độ; c) Đầu trượt; d) Dụng cụ

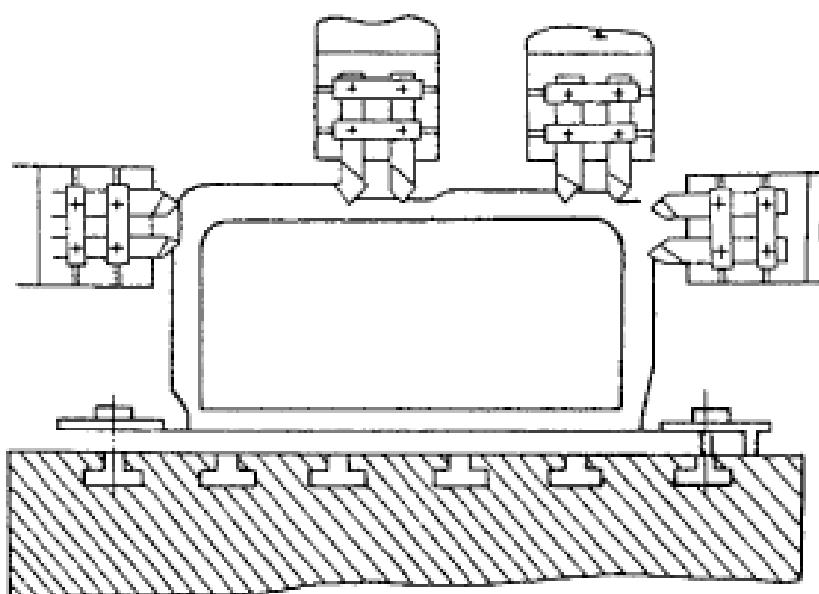
### 3) Các biện pháp công nghệ khi bào và xọc

Các chi tiết gia công bằng bào hay xọc thường được gá đặt theo dấu vạch sẵn hoặc rá gá cắt thử. Phương pháp gá đặt này rất tốn thời gian và chỉ dùng trong sản xuất đơn chiếc. Trong sản xuất hàng loạt, để tăng năng suất gia công, người ta còn sử dụng đồ gá đặt chi tiết và cũ để giá đặt dụng cụ cắt.

Đối với các chi tiết lớn, phức tạp có thể cắt đồng thời nhiều mặt khác nhau phải gia công trên máy bào giường. Để có thể khử hết biến dạng do ứng suất bên trong gây nên, khi yêu cầu độ chính xác cao, người ta phải tách thành hai nguyên công thô và tinh riêng biệt. Nếu thực hiện hai bước thô và tinh trên một nguyên công thì sau khi gia công thô người ta thường nói lóng các mỏ kẹp và vận lại với lực nhẹ hơn để gia công tinh.

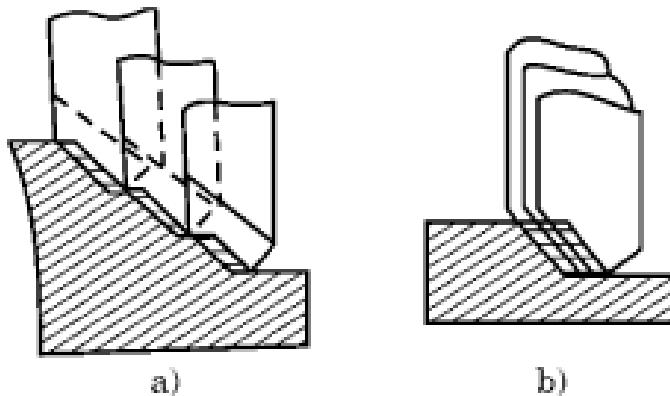
Để tăng năng suất khi bào nói chung và nhất là trên các máy bào giường, người ta có thể dùng các biện pháp sau đây:

- Các chi tiết hẹp nên gá nối tiếp thành hàng dọc theo phương chuyển động cắt.
- Dùng nhiều đầu dao cắt (Hình 5.55).
- Dùng nhiều dao trên một đầu dao. Phương pháp này chủ yếu dùng trên máy bào giường có nhiều ụ dao, trên mỗi ụ dao lắp được từ hai đến ba dao. Dao có thể gá theo cách phân chia chiều sâu cắt (Hình 5.56a). Trường hợp này, nếu độ mòn của ba dao không đều nhau thì cũng ít ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt gia công vì chất lượng bề mặt ở đây do dao thứ ba quyết định.



Hình 5.58 Cắt bằng nhiều đầu dao trên máy bào giường

Nếu gá dao theo cách phân chia lượng chạy dao (Hình 5.59b) thì cho phép thực hiện được lượng chạy dao khá lớn. Lượng chạy dao đó chia nhỏ cho nhiều dao. Lúc này dao được bố trí theo dọc và lệch nhau một  $S/n$  ( $S$  - lượng chạy dao của bàn máy  $mm/1$  hành trình kép,  $n$  - số dao).



**Hình 5.59** Sơ đồ gá dao theo chiều sâu cắt (a) và theo lượng chạy dao (b)

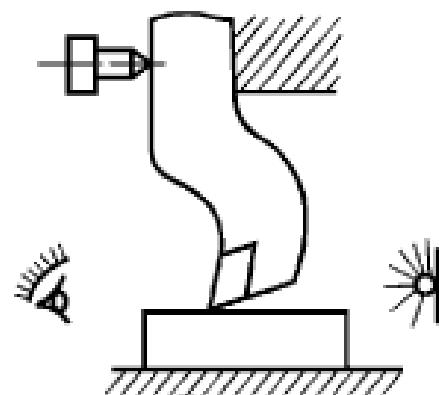
- Dùng đỗ gá để gá đặt chi tiết và cũ để gá dao nhanh (đã nói trên).
- Dùng phương pháp bào tinh mòn bằng dao rộng bàn.

Theo phương pháp này, ngoài khả năng đạt độ chính xác và chất lượng bề mặt cao, còn giải quyết vấn đề năng suất khi gia công tinh mặt phẳng.

Bản chất của bào tinh mòn với dao rộng bàn là dùng dao có lưỡi cắt bàn rộng ( $40 \div 120\text{mm}$ ); cắt với chiều sâu cắt rất bé, có một hay hai lần chạy dao. Ví dụ, lần thứ nhất  $t_1 = 0,1 \div 0,2\text{mm}$ , lần thứ hai  $t_2 = 0,05 \div 0,1\text{mm}$ , trong khi đó lượng chạy dao khá lớn, khoảng 0,5 chiều rộng lưỡi cắt. Vận tốc cắt khi dùng dao thép gió  $v = 6 \div 12\text{m/ph}$ , khi dùng dao hợp kim cứng  $v = 15 \div 20\text{m/ph}$ . Để có thể bào tinh mòn bằng dao rộng bàn phải chuẩn bị thật tốt cả máy, dao và các yếu tố công nghệ sau:

- Máy phải chính xác, đổi chiều êm, có độ cứng vững tốt, không dùng máy bào đã gia công thô để bào mòn. Phải khử lại các khe hở ở các mối lắp ghép quan trọng và kiểm tra máy thường xuyên.
- Dao phải đủ độ cứng vững, đầu dao bắt thò xuống ngắn ( $60 \div 130\text{mm}$ ). Ta thường dùng loại dao đầu cong, nhưng cũng có thể dùng dao đầu thẳng. Lưỡi cắt của dao phải thẳng, được đánh bóng với  $R_a = 0,16\mu\text{m}$ . Gá đặt dao cẩn thận và kiểm tra bằng khe hở sáng như Hình 5.57. Khi gá đặt chi tiết, lực kẹp cần vừa phải và đều. Các mặt tỳ của chi tiết phải phẳng, có độ nhám  $R_a \leq 5\mu\text{m}$  ở nguyên công trước và khắc phục về cơ bản những sai lệch không gian của bề mặt, nếu không lượng dư sẽ không đều và do tính chất in dập sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác gia công và chất lượng bề mặt gia công bị giảm sút.

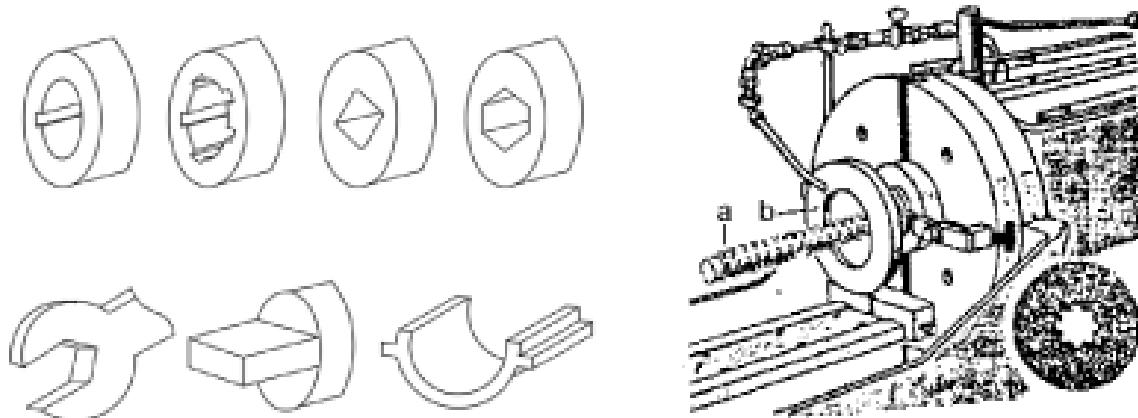
Nhờ phương pháp bào tinh mòn, khả năng của máy bào giường càng được phát huy. Đồng thời tránh được nguyên công cao tay tốn nhiều thời gian, gia công được những mặt hàng có dạng mặt phẳng yêu cầu độ chính xác, độ bóng bề mặt và độ phẳng cao khi không có các phương tiện khác như máy mài, máy chuốt,...



Hình 5.60 Kiểm tra lưỡi dao bằng ánh sáng

### 5.6.3 Phương pháp chuốt

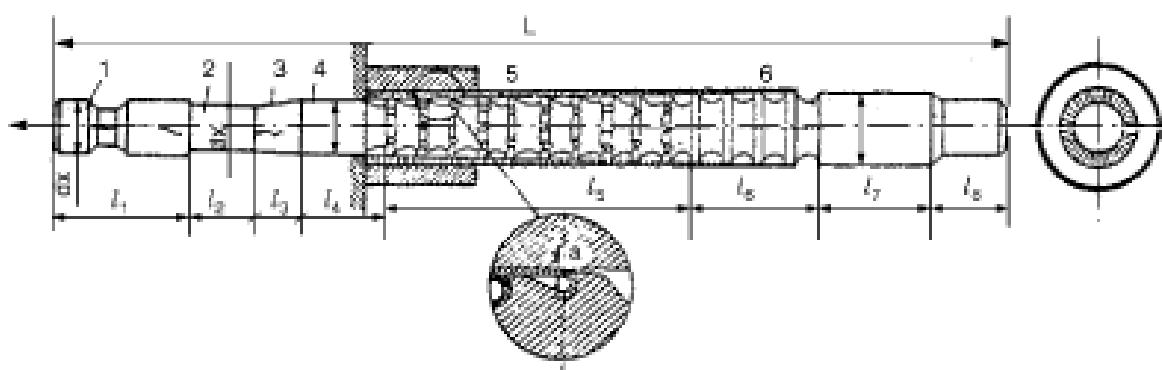
Trong sản xuất hàng loạt các bề mặt ngoài và trong của các chi tiết nhỏ và vừa thường sử dụng phương pháp chuốt (Hình 5.61).



Hình 5.61 Các bề mặt ngoài và trong trên chi tiết được gia công bằng chuốt

#### I) Dụng cụ chuốt

Dao chuốt thường được chế tạo bằng thép cao tốc (HSS), là một dụng cụ có nhiều lưỡi cắt. Tùy theo hình dạng của lỗ mà ta có dao chuốt tròn, vuông, chữ nhật, then hoa,... Đối với dao chuốt ngoài có thể là dao chuốt phẳng hoặc dao chuốt định hình. Thành phần kết cấu của dao chuốt tròn được cho như Hình 5.62.



Hình 5.62 Kết cấu dao chuốt tròn

- Phản 1* Đầu dao dùng để kẹp dao chuốt trong đồ gá và truyền lực
- Phản 2, 3* Cổ dao và côn chuyển tiếp
- Phản 4* Phản định hướng phía trước, dùng định tâm chi tiết trước khi chuốt và bảo vệ răng dao chuốt khỏi bị gãy do quá tải khi chuốt những lỗ có lượng dư không đều và lớn.
- Phản 5* Phần cắt, các răng ở phần này có đường kính tăng dần và trên răng có những rãnh chia phoi (rãnh chia phoi ở răng sau và trước bô trí xen kẽ nhau để chia phoi thành những đoạn nhỏ, giảm biến dạng và lực cắt).
- Phản 6* Phần sửa đúng có tác dụng sửa đúng kích thước và tăng độ bóng bề mặt gia công. Trên răng sửa đúng không có rãnh chia phoi.
- Phản 7* Phản định hướng phía sau, mục đích tránh hư hỏng bề mặt lỗ và gãy răng dao do chi tiết bị lệch ở thời điểm răng dao chuốt gần ra hết khỏi mặt lỗ. Trên toàn bộ dao chuốt phản cắt và phản sửa đúng là quan trọng nhất, quyết định độ chính xác và độ nhám của bề mặt lỗ.

## 2) Máy chuốt

Có hai loại: *loại nằm ngang* và *loại đứng*. Loại nằm ngang chủ yếu để chuốt lỗ, còn loại thẳng đứng chủ yếu chuốt ngoài và chuốt dây.

Chuyển động cắt của chuốt rất đơn giản, thông thường chỉ có một chuyển động thẳng hoặc thêm chuyển động quay tròn. Trong một số trường hợp như khi gia công lỗ có rãnh xoắn thì có thêm một chuyển động quay tròn cùng với chuyển động thẳng để tạo nên bước xoắn của rãnh.

## 3) Khả năng công nghệ chuốt

Những ưu điểm chính của phương pháp gia công bằng chốt là:

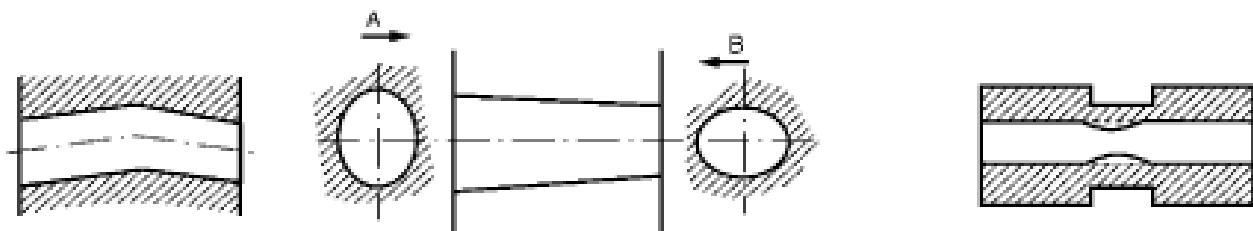
- Độ chính xác có thể đạt tới cấp 7, độ nhám bề mặt có  $R_a = 0,8+0,6 \mu m$ . Chất lượng bề mặt gia công tốt vì vận tốc cắt thấp nên biến dạng dẻo không nhiều.
- Một mình chuốt có thể thay thế cho cả nguyên công thô và tinh. Nếu chuốt lỗ, nó có thể thay thế cả khoan rộng, khoét và dạo.
- Chuyển động đơn giản, vận tốc cắt thấp nhưng năng suất cao.
- Có thể gia công được các loại lỗ khác nhau như lỗ tròn, vuông, định hình nhưng phải là lỗ thông, lỗ thẳng và tiết diện không đổi.

Cho đến nay chuốt có thể gia công được lỗ có đường kính đến 320mm, then hoa có đường kính đến 420mm, rãnh rộng đến 100mm và chiều dài lỗ lớn nhất đến 10m.

Tuy vậy chuốt còn một số khuyết điểm như:

- Dao chuốt khó chế tạo, đắt tiền, nhất là loại dao dài.
- Lực chuốt lớn (10 tấn) nên máy phải có công suất lớn; dao, máy, chi tiết phải đủ cứng vững.
- Chuốt không sửa được sai lệch về vị trí tương quan.

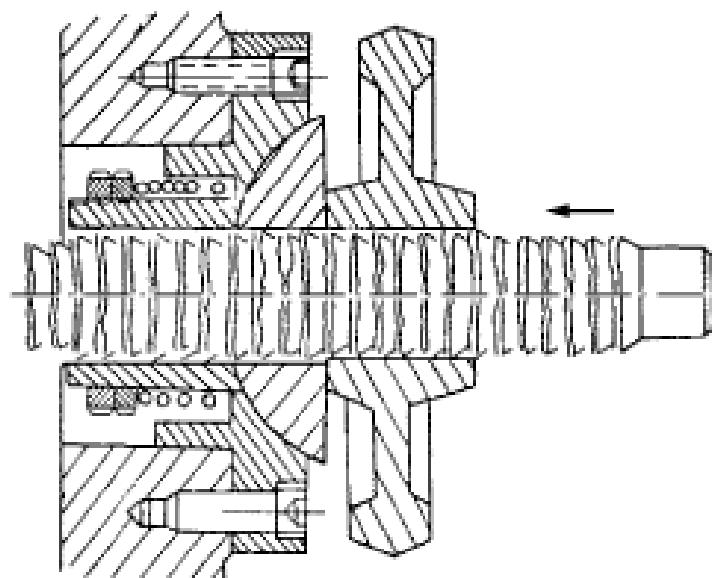
Ngoài ra, khi chuốt lỗ thành mỏng hoặc thành dày không đều lỗ gia công rất dễ bị biến dạng (Hình 5.63). Khi chuốt do áp lực hướng kính lớn, nên đối với những lỗ thành mỏng sau khi chuốt đường kính bị bé đi, thành lỗ không đều thì hình dáng lỗ dễ bị méo.



*Hình 5.63 Các sai sót xuất hiện khi chuốt*

#### 4) *Biện pháp công nghệ khi chuốt*

Trước khi chuốt lỗ yêu cầu phải gia công đạt chính xác về vị trí tương quan, vì lúc đó mặt đầu của lỗ chỉ có tác dụng đẽo tay, nếu mặt đầu thẳng góc với tâm lỗ thì có thể tay ngay lên thành máy và đạt được yêu cầu thẳng góc. Nếu mặt đầu của lỗ lớn nhất thiết phải thêm đệm cầu tự lựa để tránh phá hỏng định vị (Hình 5.64).



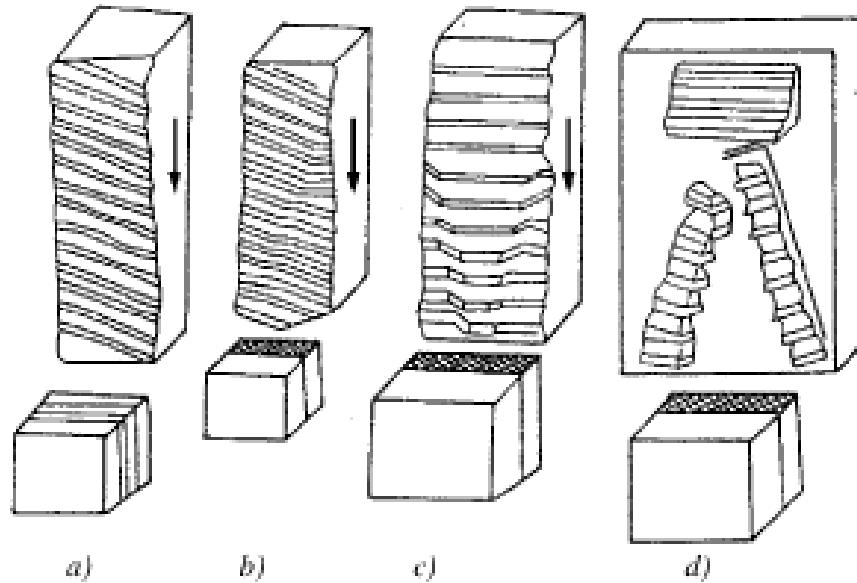
*Hình 5.64 Sơ đồ gá đặt chuốt có đệm cầu tự lựa*

Trong trường hợp mặt đầu của lỗ không thẳng góc với tâm lỗ, phải có gá phức tạp hơn và thời gian gá lâu hơn.

Chuốt mặt phẳng là một dạng chuốt ngoài. Lúc này yêu cầu về công suất máy, độ cứng vững của máy và dao, việc kẹp chặt chi tiết phải hết sức chắc chắn. Chuốt mặt phẳng có thể dùng nhiều kiểu dao khác nhau.

Chuốt lót (Hình 5.65a) dùng để gia công bề mặt đã qua gia công thô và đạt độ chính xác tốt.

Nếu chuốt bề mặt thô nên dùng chuốt mảnh (Hình 5.65 b, c, d).



*Hình 5.65 Các kiểu dao chuốt*

Chuốt bằng phương pháp này, răng của dao chuốt có độ cao bằng nhau và chiều rộng của răng sẽ được mở dần ra về một phía hoặc từ giữa mở rộng ra cả hai phía hoặc từ hai phía mở vào giữa. Lượng mở rộng cả hai phía có thể tới  $0,1 \div 0,4 \text{mm/răng}$ . Lúc đó, dao chuốt làm việc tương tự như một hành trình bào có gá nhiều dao, dao này sau dao kia như Hình 5.65b. Kiểu này, thường chỉ để gia công thô.

Trong ngành chế tạo máy nói chung và ngành kỹ thuật giao thông, chuốt được dùng phổ biến, ví dụ để gia công phần ghép đầu to thanh truyền động cơ, dùng chuốt ngoài rất hiệu quả.

## Câu hỏi ôn tập Chương 5

- 1) Kể tên các phương pháp có khả năng tạo chi tiết dạng tròn xoay (Tiếng Việt và tiếng Anh).
- 2) Phân tích các chuyển động tạo hình khi tiện, khi khoan - khoét - doa (vẽ hình).
- 3) Khả năng tạo hình và chất lượng của chi tiết gia công khi tiện, khi khoan - khoét - doa.
- 4) Những phương pháp gá đặt khi thực hiện nguyên công tiện, khi khoan - khoét - doa.
- 5) Giới thiệu một số só dao tiện, mũi khoan, mũi khoét, dao doa thông dụng và vật liệu chế tạo chúng.
- 6) Khái niệm “Insert” là gì ?
- 7) Giới thiệu một số máy tiện (vạn năng, CNC, chuyên dùng,...).
- 8) Kể tên các phương pháp có khả năng tạo chi tiết dạng không tròn xoay.
- 9) Phân tích các chuyển động tạo hình khi phay, bào và chuốt (vẽ hình).
- 10) Khả năng tạo hình của phay, bào chuốt.
- 11) Độ chính xác, độ nhám đạt được khi phay, bào, chuốt.
- 12) Biện pháp lắp đặt chi tiết khi phay và bào mặt phẳng.
- 13) Biện pháp công nghệ khi phay rãnh then, then hoa, ren, bánh răng.
- 14) Khi nào nên dùng bào mà không nên dùng phay?

## Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Doãn Sơn, Kỹ thuật chế tạo, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP HCM.
- [2] Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, John Wiley& Sons, Inc., fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Serope Kapakjian, Steven R. Schmid ,Manufacturing Engineering and Technology, Sixth Edition in SI Units, Prentice Hall
- [4] Handbook from Sanvik Coromant, Metal cutting Technical guide.
- [5] George Schneider, Jr., Cutting tool Applications, [www.toolingandproduction.com](http://www.toolingandproduction.com).
- [6] Heinrich Gerling, All about Machine tools, New Age International Limited, publishers.
- [7] Geoffrey Boothroyd, Schipta Book company Washington, D. C.

# Chương 6

## CÁC QUÁ TRÌNH GIA CÔNG BẰNG HẠT MÀI

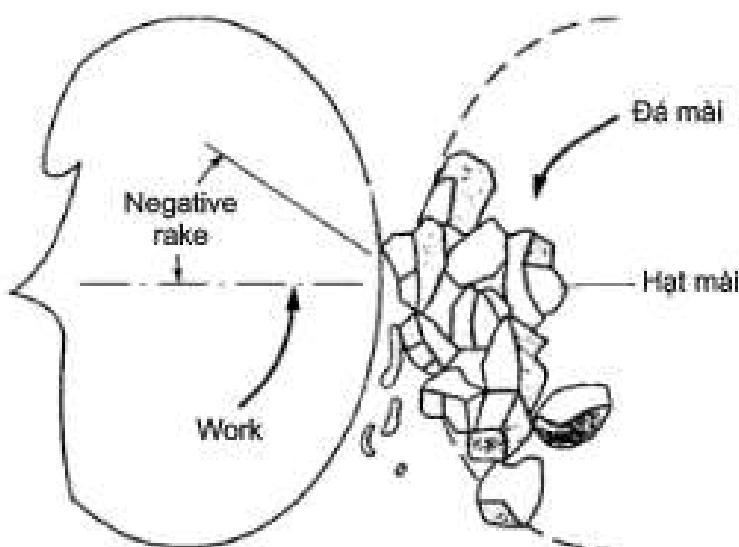
### 6.1 GIỚI THIỆU

Trong thực tế có rất nhiều chi tiết yêu cầu độ chính xác và chất lượng bề mặt rất cao, vật liệu chi tiết rất cứng hoặc quá dòn mà những phương pháp đã giới thiệu ở các chương trước không gia công được. Ví dụ như các chi tiết của ổ bi, các piston, xi lanh, các dụng cụ cắt cũng như các khuôn mẫu.

Một trong các phương pháp thích hợp nhất cho các trường hợp này là sử dụng hạt mài. Hạt mài là những hạt nhỏ, rất cứng và có các lưỡi cắt sắc và hình dạng bất kỳ. Hạt mài có khả năng tách một lượng kim loại rất nhỏ khỏi bề mặt chi tiết dưới dạng phoi. Trong thực tế, thường dùng hạt mài dạng liên kết. Trong chương này, chúng ta sẽ giới thiệu các phương pháp sử dụng hạt mài như quá trình mài, quá trình khôn, quá trình nghiên...

### 6.2 QUÁ TRÌNH MÀI

Mài là quá trình gia công cò phoi, dụng cụ cắt là các hạt mài riêng biệt, các hạt mài được liên kết với nhau tạo thành đá mài không có hình dạng giống nhau và phân bố rất lộn xộn trong chất dinh kết dọc theo chu vi của đá mài và góc trước trung bình của đá là âm. Chúng ta có thể coi quá trình này giống như quá trình cắt bằng dao tiễn hay dao phay với góc trước âm, với tốc độ cắt rất cao và nhiều lưỡi cắt cùng làm việc một lúc (Hình 6.1).

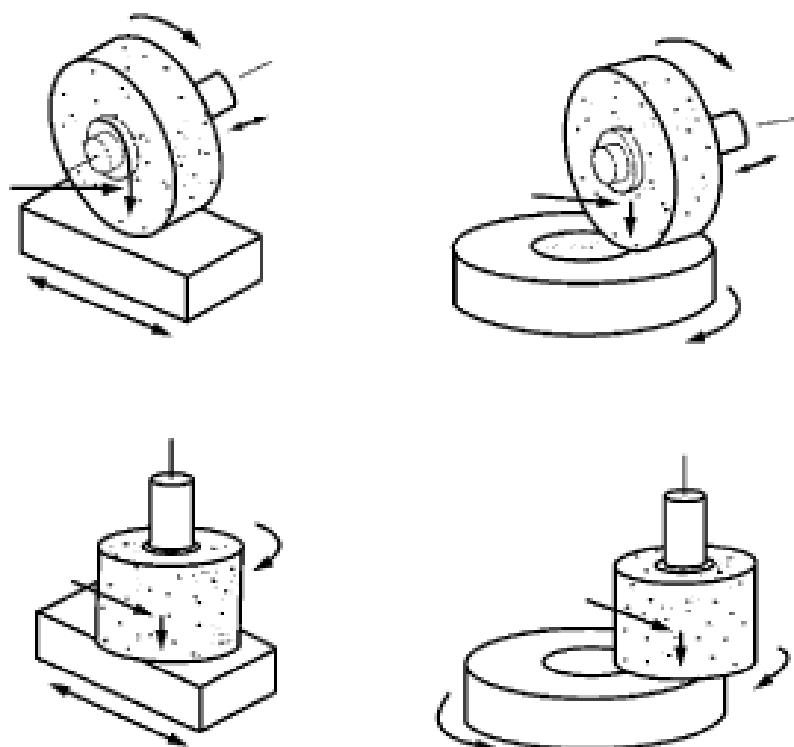


Hình 6.1 Sơ đồ minh họa các hạt mài cắt vật liệu khi mài tròn ngoài

### 6.2.1 Mài mặt phẳng

Mài mặt phẳng là một phương pháp cơ bản để gia công tinh mặt phẳng. Nó có thể dùng để gia công tinh lòn cuối các mặt phẳng đã qua tôi sau khi đã phay hoặc bào. Ngoài ra, mài mặt phẳng còn có thể thay cho phay, bào trong sản xuất hạt lớn.

Mài mặt phẳng có thể đạt độ chính xác cấp  $7+6$  và độ nhám bề mặt  $R_a = 1,6\mu m$  đến  $0,32\mu m$ . Trong thực tế sản xuất công nghiệp, có bốn kiểu mài mặt phẳng thường dùng (Hình 6.2).



**Hình 6.2** Bốn dạng mài mặt phẳng thường dùng trong thực tế

- a) Kiểu trực đá nằm ngang, bàn máy chuyển động tịnh tiến qua lại
- b) Trục chính nằm ngang, bàn máy quay
- c) Trục đá thẳng đứng, bàn máy chuyển động tịnh tiến qua lại
- d) Trục đá thẳng đứng, bàn máy quay

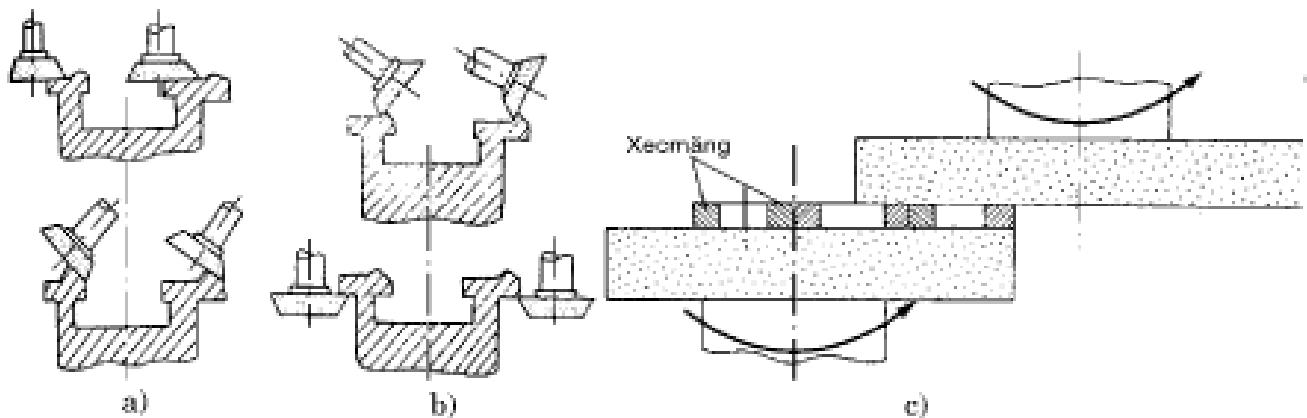
**Kiểu a** (trục đá nằm ngang, bàn máy chuyển động tịnh tiến qua lại), được dùng phổ biến nhất trong thực tế. Kích cỡ bàn máy khác nhau phù hợp với các loại chi tiết. Chi tiết gá trên bàn máy chuyển động tịnh tiến qua lại. Đá mài lắp trên trục chính và cắt bằng chu vi đá khi nó tiếp xúc bề mặt chi tiết.

**Kiểu b** (trục chính nằm ngang, bàn máy quay), đá lắp trên trục chính và cắt bằng chu vi của đá, chi tiết thực hiện chuyển động quay. Đầu mang đá chuyển động tịnh tiến ngang qua chi tiết (ăn dao ngang) và chuyển động lên xuống (ăn dao thẳng đứng).

Hai kiểu a và b nêu trên dùng đá mài hình trụ. Phương pháp này đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng cao do điều kiện thoát phoi và thoát nhiệt dễ dàng.

Vì diện tích tiếp xúc của chi tiết và đá không lớn nên năng suất thấp. Để khắc phục nhược điểm này người ta dùng đá mài rộng bán để có thể cắt hết bề rộng của chi tiết trong một hành trình chạy dọc của bàn máy và chi ăn dao thẳng đứng. Lúc này phải sửa đá cẩn thận nếu không mặt gia công sẽ bị nghiêng hoặc không phẳng.

**Kiểu c** (trục chính thẳng đứng, bàn máy chuyên động tịnh tiến qua lại). Loại máy này thích hợp khi mài các chi tiết dài và hẹp. Kim loại được tách bởi mặt đầu của đá trong khi chi tiết tịnh tiến qua lại phía dưới đá mài. Đầu đá chạy dao thẳng đứng sau mỗi hành trình mài. Đá mài dạng hình chậu nguyên hay chắp. Trục đá có điều chỉnh nghiêng một góc so với mặt phẳng thẳng đứng để mài các mặt phẳng nghiêng. Để tăng năng suất có thể chọn loại máy có nhiều trục chính, mài đồng thời nhiều bề mặt một lúc (Hình 6.3).



*Hình 6.3 Sơ đồ mài nhiều bề mặt trên máy nhiều trục bằng mặt đầu của đá*

**Kiểu d** (trục chính thẳng đứng, bàn máy quay). Loại máy này thường có công suất lớn, môtor của máy có thể lên đến 225 HP.

Khi mài dùng máy kiểu c và d (mài bằng mặt đầu của đá), việc thoát phoi, thoát nhiệt và tưới dung dịch tron nguội khó khăn nên độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt thấp hơn khi mài bằng đá mài trụ (kiểu a và b). Muốn đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng cao phải dùng chế độ cắt thấp. Khi nghiêng đầu đá đi một góc từ  $2^\circ$  đến  $4^\circ$  thì giải quyết được vấn đề thoát phoi, thoát nhiệt nhưng các vết mài lại không xóa lên nhau nên độ nhẵn bóng bề mặt kém và mặt được mài bị lõm xuống.

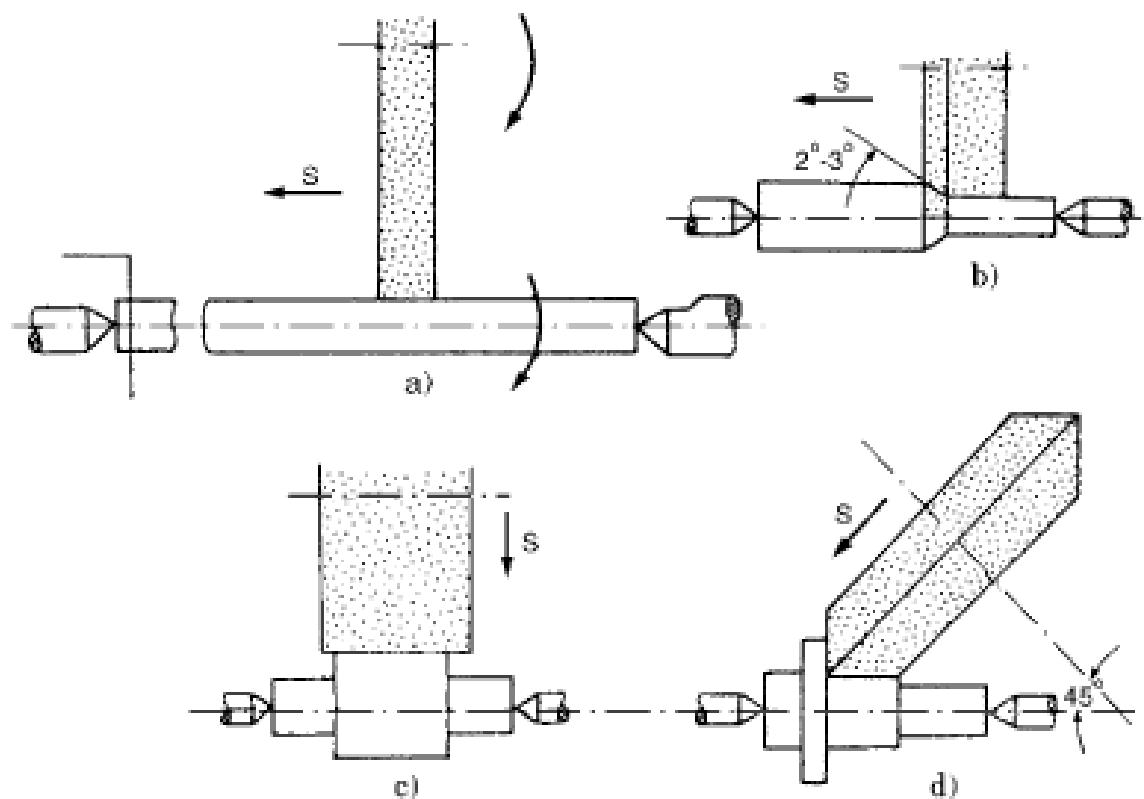
### 6.2.2 Mài tròn ngoài

Mài tròn ngoài có thể thực hiện bằng hai phương pháp: mài có tâm và mài không tâm.

#### I) Mài có tâm

Là phương pháp mài có tính vận năng cao, nó giống như khi tiện ngoài trên máy tiện nhưng bề mặt gia công có độ cứng rất cao (sau nhiệt luyện) hoặc yêu cầu độ chính xác và độ nhẵn bóng cao. Chi tiết được gá vào hai lỗ tâm, hoặc một đầu cắm vào mâm cắm còn đầu kia chống tâm. Lỗ tâm thông nhất đã được dùng trong các nguyên công trước nên đảm bảo được lượng dư đồng đều. Nhưng trước khi mài phải sửa lại lỗ tâm để khử biến dạng do quá trình nhiệt luyện gây ra. Mài có tâm có thể gia công được trực tròn, trực bậc, các góc lượn của các vai trực, các mặt trùn ngoài có rãnh. Mài có tâm thường dùng kiểu

chạy dao dọc (ăn dao dọc) như hình 6.4a. Sau mỗi hành trình chạy dao dọc mới tiến đá sâu vào, độ sâu mỗi lần cắt nhỏ (0,005 đến 0,02mm) nên lực mài bé. Trong thực tế, khi mài thô để có năng suất cao, người ta thường vát côn một phần đá với góc côn từ 2° đến 3° (Hình 6.4b). Khi mài tinh bằng chạy dao dọc, ở những lần chạy dao cuối cùng ta không tiến đá sâu vào nữa mà tiếp tục mài cho đến khi hết hoa lửa mới thôi.



**Hình 6.4** Các phương pháp ăn dao khi mài tròn ngoài

Khi gia công trực ngắn, có đường kính lớn, sản lượng lớn còn dùng kiểu ăn dao ngang (Hình 6.4c). Khi này đòi hỏi chi tiết phải có độ cứng vững cao, máy khỏe, đá rộng bản và phải sửa đá cẩn thận. Ngoài ra, phương pháp ăn dao ngang khi sửa đá đúng còn gia công được mặt định hình tròn xoay.

Khi cần gia công cả mặt trụ ngoài và mặt đầu của trục ta có thể ăn dao theo hướng xiên (Hình 6.4d). Phương pháp này chỉ dùng khi yêu cầu độ chính xác gia công không cao vì khó đạt được độ chính xác cao do đá mòn không đều tại những vị trí cắt khác nhau.

Khi mài tròn có tâm, ngoài việc chọn đá thích hợp, việc chọn tốc độ cắt của đá mài, tốc độ quay của chi tiết, lượng chạy dao và chế độ bôi trơn là những yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng đến độ chính xác, độ nhám và hiệu quả kinh tế của quá trình mài.

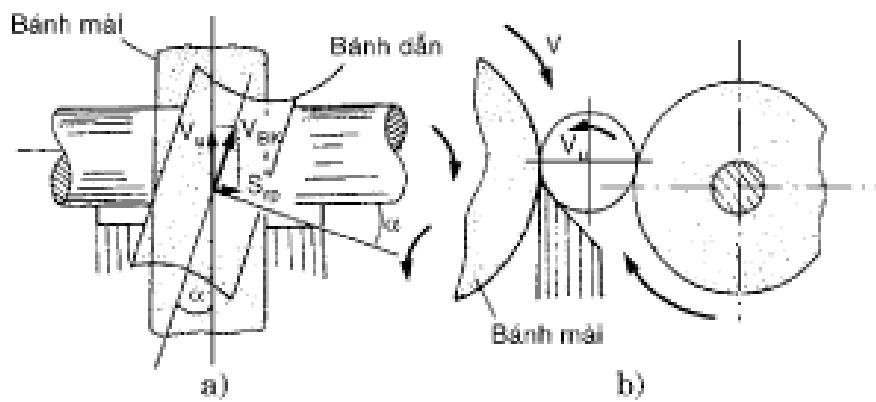
## 2) Mài không tâm

Đặc điểm của đá mài không tâm là chuẩn định vị của chi tiết gia công chính là mặt đang gia công. Mài không tâm có thể thực hiện bằng hai cách chạy dao: chạy dao dọc và chạy dao ngang.

*Mài không tâm chạy dao dọc*, về tính chất các chuyển động giống như mài có tâm, nhưng lúc này chi tiết được đặt giữa hai đá, một đá mài làm nhiệm vụ cắt phôi, một đá

làm nhiệm vụ cung cấp cho chi tiết hai chuyển động: quay tròn và tịnh tiến. Phía dưới chi tiết có thanh đỡ đặt song song với trục đá mài, nhờ nó tâm của chi tiết cao hơn tâm của đá mài một khoảng bằng  $(1/2$  đến  $1)R$  ( $R$  - bán kính của vật mài) nhưng không quá  $10$  đến  $15mm$ . Đặt tâm chi tiết cao hơn tâm đá mài để chi tiết không bị méo, thanh dẫn được vát nghiêng để chi tiết tỳ vào bánh dẫn. Bánh dẫn có dạng hyperbôlôit tròn xoay mà đường sinh là đường thẳng. Trục bánh dẫn tạo với nó một góc  $\alpha$ . Góc này thường từ  $1^{\circ}12'$  đến  $3^{\circ}30'$  và có khi tới  $4^{\circ}30'$ , nhờ hình dạng bẹ mặt bánh dẫn và góc nghiêng  $\alpha$  nên khi bánh dẫn quay sẽ truyền cho chi tiết chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến như Hình 6.5a.

*Mài không tâm chạy dao ngang tương tự như mài có tâm chạy dao ngang.* Phương pháp này, nếu sửa đá chính xác có thể mài được cả mặt côn và mặt định hình nhưng yêu cầu độ cứng vững của chi tiết phải tốt và mặt gia công phải ngắn. Lúc này bánh dẫn không cần có dạng hyperbôlôit và trục của nó đặt song song với trục đá mài (Hình 6.5b).



**Hình 6.5 Sơ đồ mài không tâm**

*Ưu điểm của mài không tâm là:*

- Giảm được thời gian phụ (thời gian gá đặt) và thời gian gia công mặt chuẩn.
- Dễ tự động hóa quá trình công nghệ.
- Độ cứng vững gá đạt cao hơn mài có tâm.

*Tuy vậy, nó còn một số nhược điểm sau:*

- Không có khả năng đảm bảo độ đồng tâm giữa các mặt như khi mài có tâm, nên thường chỉ dùng để gia công trực tròn.
- Không mài được các mặt gián đoạn vì lúc đó bánh dẫn không có khả năng cung cấp cho chi tiết chuyển động quay đều và tịnh tiến đều nên tiết diện của chi tiết dễ bị méo.

Mài không tâm được dùng nhiều trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối (và có nhiều cải tiến khác nhau để mở rộng khả năng công nghệ của nó).

### 6.2.3 Mài tròn trong (mài lỗ)

Mài lỗ có khả năng gia công lỗ trụ, côn đạt yêu cầu chính xác cao nhưng giá thành tương đối cao, nhất là những lỗ có kích thước nhỏ.

**I) Mài lỗ có tâm:** có thể thực hiện được trên các máy mài tròn, máy mài vạn năng có bộ phận mài lỗ hoặc đồ gá mài lỗ trên máy tiện vạn năng thông thường. Việc chọn máy nào để thực hiện nguyên công mài lỗ phụ thuộc vào dạng sản xuất và phương pháp mài thích ứng với từng loại chi tiết gia công cụ thể.

Chuyển động cắt và bản chất của quá trình mài lỗ hoàn toàn tương tự như mài tròn ngoài. Mài lỗ tuy có giá trị kinh tế kỹ thuật cao nhưng phạm vi sử dụng của nó bị hạn chế nhiều so với mài tròn ngoài và mài mặt phẳng. Sở dĩ có sự hạn chế đó chủ yếu là vì kích thước của đá mài lỗ bị không chế bởi kích thước lỗ gia công.

Thực vậy, nếu đường kính lỗ gia công càng nhỏ thì:

- Đường kính đá càng nhỏ và đá càng mòn nhanh đồng thời diện tích tiếp xúc giữa đá với mặt gia công càng lớn, sự tỏa nhiệt càng khó khăn và đá lại càng mòn nhanh hơn.
- Đường kính đá càng nhỏ thì yêu cầu số vòng quay của đá càng lớn mới đảm bảo tốc độ mài, do đó đá càng mòn nhanh. Nếu đường kính đá  $\phi 20$ , để đảm bảo tốc độ mài  $30m/s$  thì trực đá phải có số vòng quay là  $28.000vg/ph$ . Hiện nay tuy đã có những máy mài có số vòng quay của trực chính là  $100.000vg/ph$  nhưng dù sao việc thiết kế và chế tạo những máy đó rất khó khăn. Vì vậy trong thực tế sản xuất nhiều khi phải mài lỗ với tốc độ cắt không theo ý muốn.
- Đường kính đá càng bé thì trực mang đá cũng càng nhỏ khiến cho độ cứng vững của nó kém và ảnh hưởng không ít đến độ chính xác gia công.

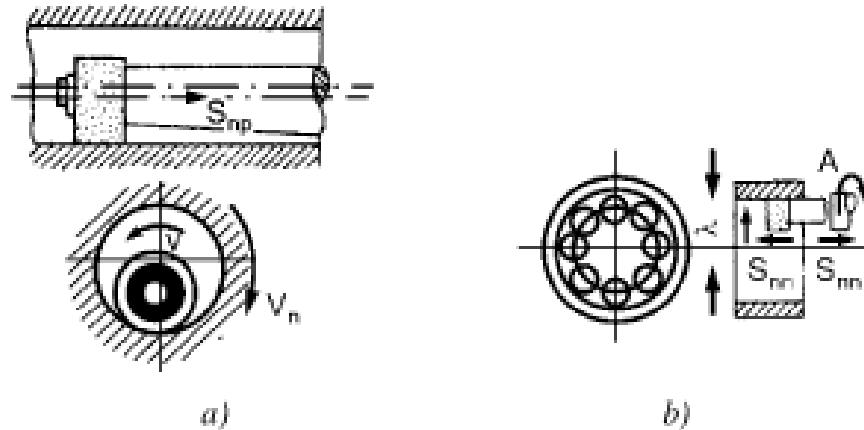
Mặc dù có những đặc điểm nói trên mài lỗ vẫn có những khả năng công nghệ lớn, có phạm vi sử dụng rộng rãi và phát huy được ưu điểm rõ rệt trong các trường hợp sau:

- Mài các chi tiết đã qua tôi hoặc bằng vật liệu cứng (HRC > 30). Ít dùng để gia công vật liệu mềm như đồng, nhôm.
- Mài những vật đúc có độ cứng không đều.
- Mài lỗ có kết cấu không thuận tiện cho các phương pháp gia công khác.
- Mài các lỗ lớn phi tiêu chuẩn.
- Mài các lỗ yêu cầu chính xác cao vì có thể đạt tới cấp 6 và cao hơn.
- Mài các lỗ để sửa lại sai lệch về vị trí tương quan của bề mặt do các nguyên công trước đẻ lại.

*Mài lỗ có tâm có hai cách:*

*Cách thứ nhất:* chi tiết được kẹp chặt trong mâm capse và quay tròn, còn trực đá cũng quay tròn và thực hiện chuyển động chạy dao dọc hoặc chuyển động chạy dao hướng kính (ăn dao ngang) Hình 6.6a. Cách này thường dùng để gia công những chi tiết nhỏ, các vật thể tròn xoay hoặc đẽ gá trên mâm capse các loại và có thể thực hiện trên máy tiện vạn năng với đồ gá chuyên dùng.

*Cách thứ hai:* Chi tiết được gá cố định trên bàn máy. Trục mang đá thực hiện tất cả các chuyển động: chuyển động quay tròn của đá, các chuyển động chạy dao và chuyển động hành tinh của đá xung quanh tâm lỗ gia công (Hình 6.6b).

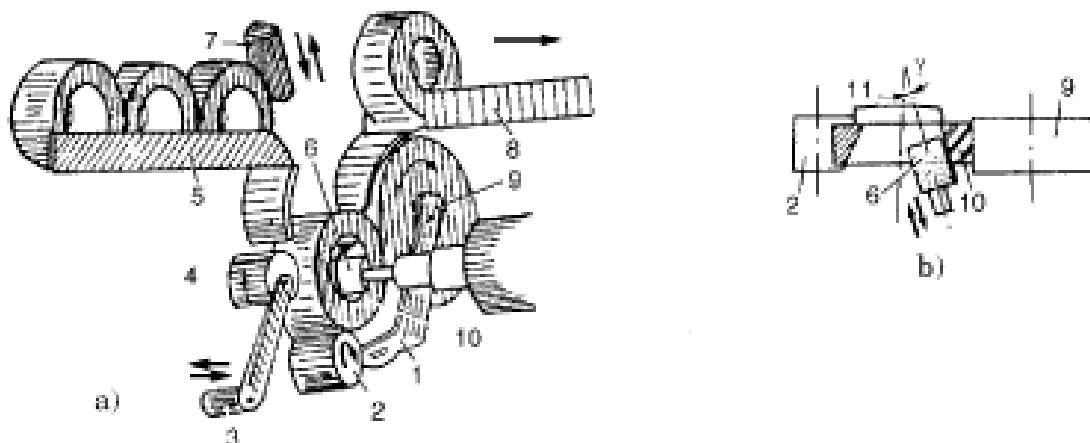


**Hình 6.6 Sơ đồ mài lỗ có tâm**

a) Chi tiết quay; b) Chi tiết cố định

Cách mài này rất thuận tiện khi gia công những chi tiết lớn như: thân động cơ, máy nén hoặc các loại hộp khác. Thực vậy, nếu chi tiết lớn, cồng kềnh phải gá đặt lên mâm cặp thì rất khó khăn, đây là chưa kể khi quay nó còn gặp phải một số vấn đề về lực li tâm, công suất, độ cứng vững.

2) **Mài lỗ không tâm:** là một phương pháp có năng suất cao, có khả năng đạt độ chính xác và độ đồng tâm cao. Phương pháp này dùng để gia công những bạc thành móng rất đảm bảo. Mài không tâm lỗ, ngoài đá mài, bánh dẫn, còn phải có những con lăn để đỡ và ép cho chi tiết sát vào bánh dẫn (Hình 6.7a). Vì chuẩn công nghệ trong trường hợp này là mặt ngoài nên trước khi mài phải gia công tinh hoặc bán tinh mặt ngoài.



**Hình 6.7 Sơ đồ mài lỗ không tâm**

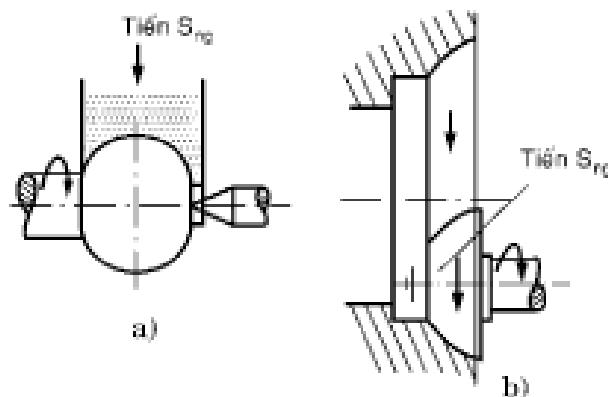
a) Mài lỗ trục; b) Mài lỗ côn

Mài lỗ không tâm còn có thể gia công được cả mặt côn khi trục đá nghiêng đi so với trục lỗ một góc cần thiết và chuyển động chạy dao dọc theo phương của trục đá (Hình 6.7b).

#### 6.2.4 Mài mặt định hình

Thông thường, mài có thể gia công mặt định hình tròn xoay hay mặt định hình đường thẳng.

Mặt định hình tròn xoay chủ yếu được gia công trên máy mài tròn ngoài hay tròn trong và sửa đá theo hình dạng mặt định hình và chi ăn dao ngang (Hình 6.8a,b).



**Hình 6.8 Sơ đồ mài mặt định hình tròn xoay**

a) *Mặt ngoài*; b) *Mặt trong*

Mài mặt định hình thẳng như mài then hoa hay các mặt răng của bánh răng.

### 6.3 MÀI NGHIỀN

Mài nghiêm là một phương pháp gia công tinh bảnh hạt mài đạt độ chính xác và độ bóng rất cao, dùng bột mài hạt nhỏ hoặc bột kim cương trộn vào dầu nhòn, mỡ bò, paraffin và một số axit hữu cơ rồi bôi lên mặt tiếp xúc của dụng cụ với mặt gia công. Mài nghiêm được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, có thể gia công được mặt trụ trong, mặt trụ ngoài, mặt phẳng hoặc mặt định hình và đạt độ nhám  $R_a = 0,2 \div 0,01 \mu\text{m}$ , độ chính xác đến cấp 6. Sai lệch về kích thước sau mài nghiêm có thể đạt tới  $0,6 \text{mm}$ . Tuy vậy, phải trước khi mài nghiêm phải có độ chính xác cao vì mài nghiêm không chữa được sai lệch về vị trí tương quan và không thể cắt được lớp lượng dư quá lớn (không quá  $0,02 \text{mm}$ ). Độ nhám bề mặt trước khi mài nghiêm phải đạt  $R_a = 1,6 \div 0,4 \mu\text{m}$ , độ chính xác cấp 7, sai số hình dạng hình học không quá  $0,005 \div 0,01 \text{mm}$  thì sau mài nghiêm mới đạt chính xác cấp 6 và độ nhám bề mặt  $R_a = 0,2 \div 0,01 \mu\text{m}$ .

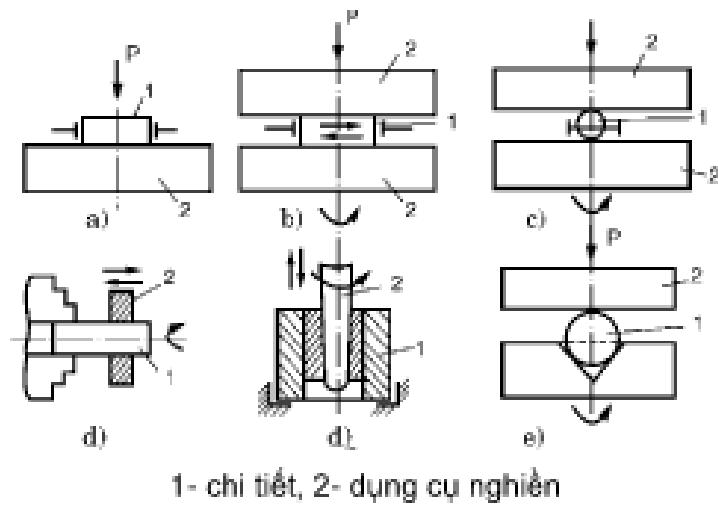
*Đặc điểm của quá trình mài nghiêm là:*

- Sử dụng vật liệu cắt (hạt mài) là bột mịn, số lượng hạt mài cùng tham gia cắt lớn nhưng áp lực và vận tốc cắt lại không lớn.
- Quá trình động học của hạt mài khá phức tạp, làm cho quỹ đạo chuyển động của hạt mài trên bề mặt gia công khó bị lặp lại vết cũ.
- Trong quá trình nghiêm tồn tại hai hiện tượng: hiện tượng hóa học và hiện tượng cơ học.

Hiện tượng hóa học trong mài nghiêm xuất hiện rất nhanh, chỉ trong vài phần trăm của giây. Nó tạo nên màng axit và lớp hấp phụ rất mỏng. Sau đó nhờ tác dụng cơ học các hạt mài mịn bóc脱离 lớp màng axit và lớp hấp phụ đồng thời nó ra khỏi vị trí gia công.

Vì những lý do đó lớp kim loại được cắt đi khi mài nghiêm rất mỏng, lực cắt không lớn, nhiệt cắt không cao, do đó có khả năng đạt độ chính xác cao,  $R_a$  nhỏ.

Tùy theo hình dạng bề mặt cần nghiên, sơ đồ cụ thể khi mài nghiên có các dạng khác nhau như Hình 6.9.

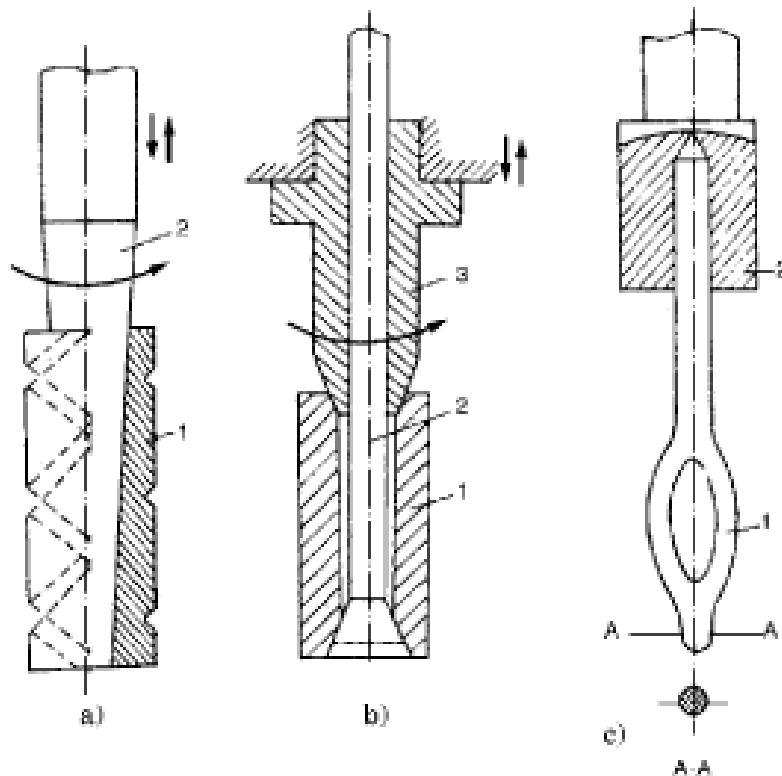


1- chi tiết, 2- dụng cụ nghiên

**Hình 6.9** Sơ đồ các dạng mài nghiên

Trong đó, Hình 6.9a là sơ đồ nghiên mặt phẳng, Hình 6.9b là nghiên hai mặt phẳng song song; Hình 6.9c: nghiên mặt trục ngoài bằng hai đĩa nghiên; Hình 6.9d: nghiên mặt trục ngoài bằng bạc nghiên; Hình 6.9e: nghiên lỗ và nghiên mặt cầu.

Khi nghiên lỗ, chuyển động cắt là chuyển động quay tròn và tịnh tiến khứ hồi của các dụng cụ nghiên khác nhau (Hình 6.10).

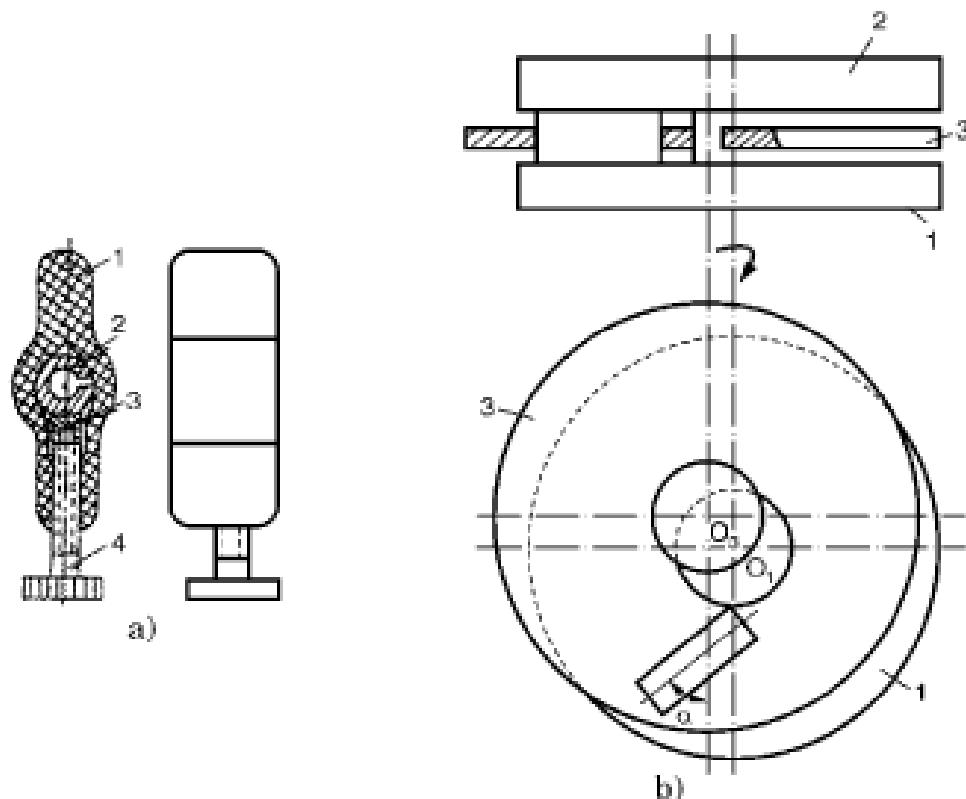


**Hình 6.10** Sơ đồ nghiên lỗ

- a) Dùng bạc nghiên chữ C có lỗ côn;
- b) Dùng chữ C có hai đầu vát côn
- c) Chạy nghiên đàn hồi (dùng khi lỗ có đường kính nhỏ)

Tỷ lệ giữa vận tốc dài và chuyển động quay tròn  $V_g$  và vận tốc của chuyển động tịnh tiến  $V_T$  sẽ ảnh hưởng đến năng suất, chất lượng lỗ được nghiên.

Nếu gọi  $\operatorname{tg}\alpha = V_g/V_T$ , thì khi nghiên lỗ thông thường  $\operatorname{tg}\alpha = 0,6$  đến 1. Nghĩa là:  $\alpha = 35^\circ$  đến  $40^\circ$ . Góc  $\alpha$  càng lớn thì năng suất mài nghiên càng cao nhưng đồng thời  $R_\alpha$  càng lớn, nghĩa là độ nhám bề mặt càng tăng (độ nhẵn thấp). Nếu  $\alpha$  càng nhỏ thì độ nhám thu được thấp, chất lượng bề mặt tốt. Khi nghiên mặt trụ ngoài có thể thực hiện theo hai phương án: bằng bạc nghiên (Hình 6.11a) hoặc bằng hai đĩa nghiên phẳng (Hình 6.11b).



*Hình 6.11 Sơ đồ nghiên mặt trụ ngoài*

#### *Nguyên lý làm việc như sau*

Đĩa 1 được cung cấp chuyển động quay tròn. Đĩa 2 có thể đúng đứng hoặc quay tròn nhưng ngược chiều với đĩa 1. Giữa đĩa 2 và đĩa 1 có một đĩa ngăn cách 3 để giữ chi tiết gia công. Đĩa này được đặt lệch tâm so với tâm đĩa 1. Khi đĩa 1 quay thì đĩa ngăn cách 3 chuyển động song phẳng như sàng lắc. Nhờ đó, khi đặt chi tiết gia công không hướng tâm vào đĩa 3, nó có thể quay xung quanh tâm của nó và chuyển động đi lại dọc theo hướng trực của nó. Góc  $\alpha$  giữa trực của chi tiết và bán kính đĩa đi qua điểm giữa chi tiết được chọn tùy theo yêu cầu gia công. Khi nghiên thông thường lấy  $\alpha = 15^\circ$  còn khi nghiên tinh  $\alpha = 6^\circ$ .

Chất lượng gia công khi mài nghiên phụ thuộc vào các thông số công nghệ như vận tốc cắt  $V_c$ , áp lực  $p$ , vật liệu hạt mài, kích thước hạt mài,...

Tùy theo chất lượng cần đạt, mài nghiên có thể chia thành nghiên thô, nghiên bán tinh, nghiên tinh và nghiên siêu tinh.

Nhìn chung, vận tốc nghiên không cao, nếu nghiên thô  $v_c = 30$  đến  $40m/ph$ , đòi hỏi có thể lớn hơn; nghiên tĩnh  $v_c = 25$  đến  $30m/ph$  hoặc còn nhỏ hơn với áp lực nghiên không quá  $0,2$  đến  $0,4MN/m^2$  ( $2$  đến  $4KG/cm^2$ ). Lượng dư nghiên phụ thuộc vào chất lượng sản phẩm cần đạt. Nếu chất lượng đòi hỏi sau khi nghiên càng cao thì bề mặt đó trước khi đưa vào nghiên cũng đòi hỏi cao và lượng dư nghiên của bề mặt càng nhỏ. Thông thường, lượng dư nghiên nằm trong khoảng  $0,002$  đến  $0,05mm$  (Bảng 6.1). Nếu lượng dư nghiên quá lớn thì thời gian nghiên sẽ lâu, không những khó đạt yêu cầu về độ chính xác mà còn tạo ra sai số hình dạng hình học trên bề mặt gia công. Mài nghiên nói chung có năng suất thấp vì hạt mài có kích thước nhỏ, vận tốc nghiên và áp lực nghiên thấp.

**Bảng 6.1 Cách chọn lượng dư nghiên**

Độ nhám		Độ chính xác kích thước ( $\mu m$ )	Số lần nghiên	Lượng dư ( $mm$ )
$R_a$ ( $\mu m$ )	$R_z$ ( $\mu m$ )			
0,16	0,8	3,0÷5,0	1	0,03÷0,05
0,08	0,4	1,0÷2,0	1	0,03÷0,05
			2	0,005÷0,01
0,04	0,2	0,2÷0,5	1	0,03÷0,05
			2	0,005÷0,01
			3	0,002÷0,003
0,02÷0,01	0,1÷0,05	0,1÷0,3	1	0,03÷0,05
			2	0,005÷0,01
			3	0,002÷0,003
			4	0,005÷0,01

## 6.4 MÀI KHÔN

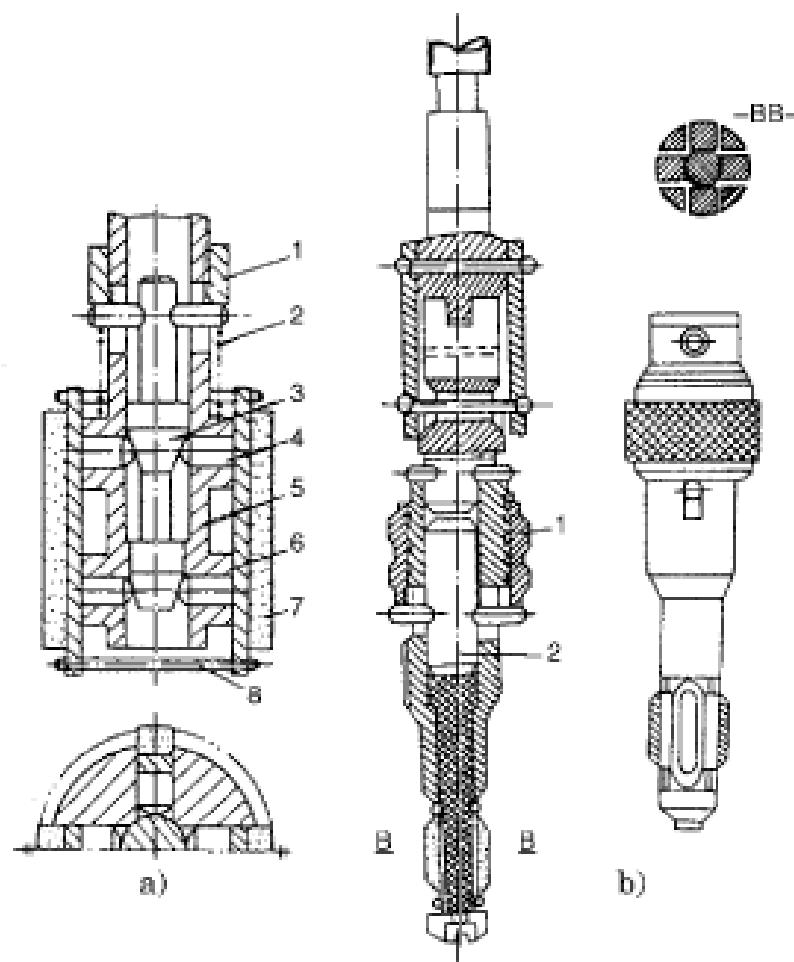
Mài khôn là sự phát triển thêm một bước của mài nghiên nhằm nâng cao năng suất gia công. Với mục đích đó mài khôn so với mài nghiên có một số thay đổi như sau:

- Thay dụng cụ mài nghiên và bột mài bằng một dụng cụ mới trên đó có các thời đá gọi là đầu khôn.
- Chuyển động cắt được xác định bằng hai chuyển động quay tròn và tịnh tiến qua lại. Tỷ lệ giữa hai chuyển động này ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt gia công.
- Áp lực mài khôn, độ dài của đá thò ra ở hai đầu lỗ được quy định chặt chẽ.

Mài khôn có thể gia công được nhiều dạng bề mặt khác nhau nhưng chủ yếu gia công lỗ.

Đầu khôn có nhiều loại tùy thuộc vào kích thước đường kính và chiều sâu lỗ. Kết cấu đầu khôn gồm hai phần chính: phần thân có gá các thời đá mài và phần chuôi nối với máy.

Hình 6.12a là loại đầu khôn đơn giản. Số lượng thời đá thường 2, 4 hoặc 6 thời. Các thời được lắp vào thanh kẹp và các thanh kẹp có thể dịch chuyển theo hướng kính nhờ rãnh trượt và ống côn ở một hoặc hai phía để điều chỉnh đường kính và áp lực của các thời đá khi mài khôn. Các thời đá được giữ bởi hai lò xo vòng ở trên và dưới.

**Hình 6.12** Kết cấu đầu khôn

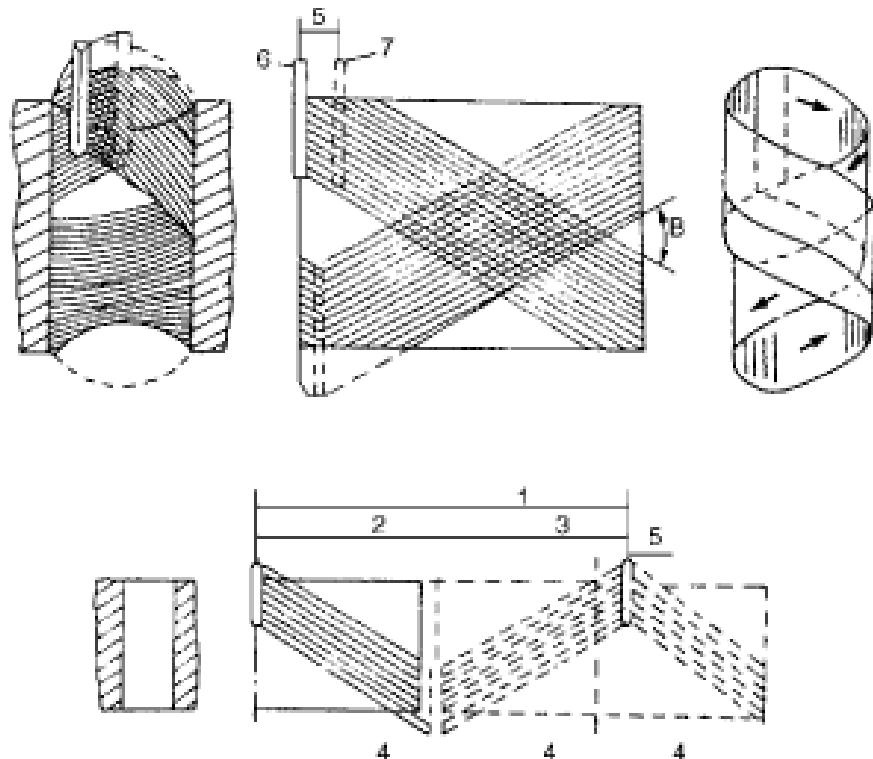
Ngoài ra, còn dùng đầu khôn truyền lực bằng chất dẻo (Hình 6.12b). Sau khi đưa đầu khôn vào lỗ gia công dùng êcu 1 để điều chỉnh vị trí của pittông 2 làm cho chất dẻo bị nén lại đẩy ra đèn kích thước yêu cầu, đảm bảo cho quá trình mài khôn với áp lực cần thiết. Khi gia công xong, điều chỉnh ngược lại trước khi rút đầu khôn ra khỏi lỗ.

Trong khi khôn, việc tưới dung dịch tron nguội phải làm đều đặn, thường xuyên cho đến khi đưa đầu khôn ra khỏi lỗ gia công.

Khi đầu khôn quay tròn và lên xuống đều đặn thi mỗi thời điểm sẽ vạch nén một mảng chéo nhau (Hình 6.13) nhờ vậy mà có thể đạt được  $R_a = 0,4$  đến  $0,05\mu m$  độ chính xác cấp 7 và đôi khi tới cấp 6.

Phần đuôi của đầu khôn có thể nối cứng hay nối lắc lư với đầu máy. Cách thứ hai được dùng nhiều hơn. Vì nhờ lắc lư mà không yêu cầu gá đặt chính xác cao về độ đồng tâm giữa đầu khôn và lỗ cần gia công.

Có thể dùng mài khôn để gia công lỗ có đường kính từ 6 đến  $1500mm$  và chiều dài từ  $100mm$  đến  $20m$ .



**Hình 6.13** Vết gia công khi mài khôn

Mài khôn có những ưu điểm sau:

Năng suất cao hơn hàn mài nghiền nhờ nhiều thời gian làm việc. Lượng dư có thể lớn hơn (Bảng 6.2).

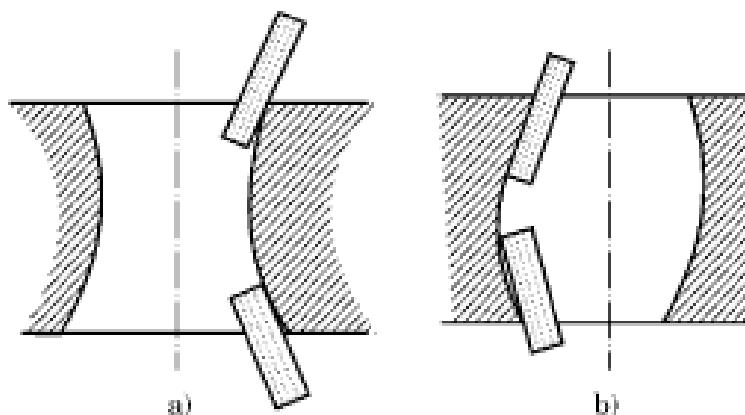
**Bảng 6.2** Lượng dư mài khôn

Đường kính lỗ (mm)	Vật liệu gia công	
	Gang	Thép
30 - 150	0,02 - 0,10	0,01 - 0,04
150 - 280	0,08 - 0,16	0,02 - 0,05
300 - 500	0,12 - 0,20	0,04 - 0,05

Trong nhiều trường hợp còn lớn hơn cả mài trong và tiện tinh mỏng.

- Tuy mài bằng đá nhưng vận tốc thấp nên nhiệt ít (50 đến 150°C). Nhờ vậy kết cấu lớp bề mặt thay đổi sau khi gia công. Vận tốc mài khôn thường dùng đối với gang, đồng thau là 60 đến 75m/ph, còn đối với thép 40 đến 60m/ph.
- Độ cứng vững của đầu khôn tốt, không bị biến dạng trực đá nên đảm bảo lỗ tròn.
- Ít xảy ra rung động nên quá trình cắt êm, nhờ vậy có thể đạt độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao.

Ngoài ra để đạt độ chính xác và độ nhẵn bề mặt cao phải chọn tỷ lệ giữa tốc độ quay và tịnh tiến hợp lý, áp lực hợp lý và chiều dài đá thò ra ở hai đầu lỗ vừa phải. Nếu đá thò ra quá dài thì lỗ sẽ bị loe, nếu thò ra quá ít thì lỗ lại có hình tang trống (Hình 6.14).



**Hình 6.14** Các dạng sai lệch của lỗ khi mài khôn

#### Những nhược điểm của mài khôn

- Cũng như các phương pháp gia công bằng hạt mài, ở đây hạt mài bị tách ra khỏi đầu khôn có thể cắm vào những lỗ nhỏ của mặt gia công làm cho chi tiết bị mài mòn nhanh khi có ma sát với chi tiết khác trong quá trình làm việc.

Để tránh hiện tượng đó phải thao tác cẩn thận, sau khi mài nói chung và mài khôn nói riêng nên rửa sạch chi tiết.

- Mài khôn không sửa được sai lệch về vị trí tương quan. Sai lệch đó phải do nguyên công trước khắc phục như tiện tinh, chuốt, mài.
- Không thích hợp với việc gia công kim loại màu vì phôi của chi tiết loại này sẽ lắp kín các lỗ trên đá mài rất nhanh làm cho đá không thể tiếp tục mài được.

Hiện nay mài khôn thường dùng để gia công lỗ xilanh động cơ đốt trong, xilanh bơm dầu, lỗ biên, lỗ vòng trong ô bi, các loại nòng súng,...

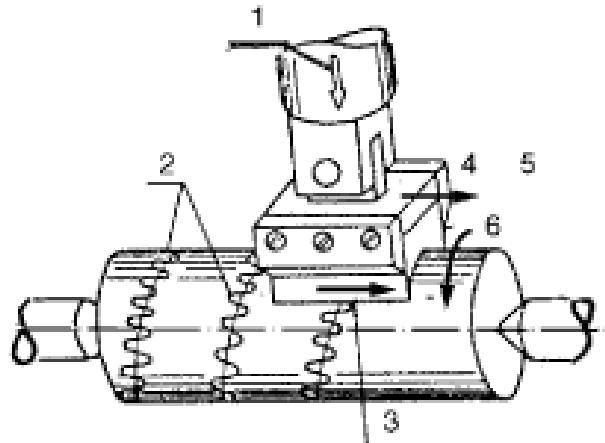
## 6.5 MÀI SIÊU TINH XÁC

Mài siêu tinh xác là một phương pháp gia công lần cuối có thể đạt độ chính xác và độ nhẵn bóng bề mặt cao.

Khi nhìn bì ngoài (Hình 6.15) sẽ thấy sơ đồ mài siêu tinh xác gần giống như mài khôn. Nhưng không nên cho rằng mài siêu tinh xác chỉ đơn thuần là cải tiến mài khôn vì quá trình mài siêu tinh xác và mài khôn có những điểm khác nhau rất quan trọng.

- Mài siêu tinh xác có thêm chuyển động lắc ngắn dọc trực với tần số cao (khoảng 500 đến 1200 hành trình kép trong một phút) nhưng chiều dài hành trình rất ngắn (1,5 đến 5mm).
- Áp lực của đá mài tác dụng lên vật gia công rất nhỏ 0,005 đến 0,25 MN/m<sup>2</sup> (0.05 đến 2.5kG/cm<sup>2</sup>).
- Tốc độ cắt tương đối thấp.

Ngoài ra vẫn tồn tại chuyển động quay của chi tiết gia công để tạo nên chuyển động cắt ( $V = 1$  đến  $5\text{m/ph}$ ) và chuyển động tịnh tiến chậm của dụng cụ dọc theo hướng trực mặt gia công ( $0,1 \text{ mm/vg}$ ).



**Hình 6.15 Sơ đồ mài siêu tinh xác mặt trụ ngoài**

Chính nhờ chuyển động phức tạp như vậy nên các vết cắt mới xóa đi nhau làm cho độ nhẵn bóng cao và thời gian mài ngắn.

Vì áp lực nhỏ nên không sùa được sai lệch về hình dạng (méo mó, ô van) và vị trí tương quan. Do đó lượng dư để mài siêu tinh xác chỉ khoảng 5 đến 7 mm.

Khi làm việc cho trước dầu nhòn (10 phần dầu hỏa, 1 phần là dầu máy hay dầu thực vật).

Thường các trục bằng gang, thép phải qua mài đạt giới hạn trên của kích thước cho trong bàn vẽ mới mới đưa sang mài siêu tinh xác. Nếu chi tiết bằng kim loại màu có thể tiện rất tinh rồi mới đưa sang mài siêu tinh xác.

Phương pháp gia công này được dùng nhiều trong công nghiệp chế tạo ô tô và máy bay.

## 6.6 ĐÁNH BÓNG

Đánh bóng là phương pháp gia công tinh, dùng hạt mài rất nhỏ trộn với dầu nhòn đặc bôi lên bánh đánh bóng đòn hồi. Bánh này quay với tốc độ cao.

Đánh bóng bao gồm hai quá trình:

- Lớp kim loại rất mỏng được hót đi nhờ tốc độ rất lớn.
- Còn phần lớn lượng dư được bóc đi vì nhiệt độ cao, có ma sát và các hạt mài chuyên động tự do trên mặt gia công. Khi đó trên lớp bề mặt rất mỏng của kim loại có hiện tượng như lăn ép và sinh ra trượt dẻo.

Để đánh bóng người ta dùng những bánh mài bằng gỗ, bằng vải hoặc da ép lại quay với tốc độ khá nhanh (20 đến 40m/s).

Bánh đánh bóng bằng gỗ dùng để đánh bóng sơ bộ. Bánh này có độ bền nhỏ, khi có lực li tâm dễ bị vênh.

Bánh đánh bóng bằng vải thô, dùng hạt mài lớn chỉ để gia công thô những chi tiết lớn.

Bánh đánh bóng bằng vải mềm dùng rộng rãi để đánh bóng tinh.

Bánh đánh bóng bằng vải ép dùng để đánh bóng rất tinh như đánh bóng dụng cụ y học, thủy tinh...

Người ta còn đánh bóng bằng dây đai có dính hạt mài (dưới hình thức dây đai dẹt) để đạt năng suất cao hoặc dùng những bánh mài có thêm than chì (*graphit*) để dễ đạt  $R_a \leq 0,02\mu\text{m}$  và năng suất cũng cao hơn.

Trước khi đánh bóng chi tiết đã phải qua mài hoặc các phương pháp gia công tinh khác. Đánh bóng chỉ để tăng độ nhẵn bóng bề mặt. Nó có thể là nguyên công trước khi mạ.

Có thể chia đánh bóng thành hai hoặc ba lần. Càng về sau hạt mài càng nhỏ.

Đánh bóng không thể chữa được sai lệch về hình dạng, vị trí tương quan và cả những khuyết tật để lại trên bề mặt (rỗ, lõm).

Lượng dư đánh bóng khoảng  $5\mu\text{m}$

Khi đánh bóng có thể áp chi tiết vào bánh mài bằng tay hoặc bằng máy. Trong sản xuất lớn, để giảm lao động nặng nhọc, đánh bóng thường thực hiện trên máy chuyên dùng đơn giản.

## 6.7 CẠO

Cạo là phương pháp gia công tinh thực hiện bằng tay hay bán cơ khí. Tuy cạo có năng suất thấp nhưng lại gia công được nhiều dạng bề mặt khác nhau như mặt phẳng, mang cá, rãnh then, mặt trụ tròn (các loại bạc)... Vì lẽ đó, cạo được dùng phổ biến trong cả chế tạo, lắp ráp và sửa chữa.

*Ưu điểm của các phương pháp gia công này là*

1. Có thể đạt độ chính xác cao về nhẵn bóng bề mặt hoặc vị trí tương quan giữa chúng bằng những dụng cụ đơn giản. Vì vậy nó rất phù hợp với dạng sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc. Cạo có thể đạt độ chính xác cao hơn.
2. Gia công tinh lần cuối được những mặt phẳng có kết cấu phức tạp mà các phương pháp khác không gia công được.
3. Có thể gia công tinh lần cuối các mặt phẳng của chi tiết lớn.
4. Trong lắp ráp theo dạng sửa lắp dùng cạo để gia công bổ sung, sửa lại các chi tiết máy ngay tại chỗ lắp ráp mà không cần đến thiết bị phức tạp.
5. Bề mặt gia công lần cuối bằng cạo có thể giữ được lớp dầu đảm bảo bôi trơn tốt trong quá trình làm việc.

Công nghệ cạo chủ yếu phụ thuộc trình độ tay nghề của công nhân. Trước mỗi lần cạo phải dùng bàn mấu (âm bản) trát một lớp son đỏ rất mỏng áp lên chi tiết để kiểm tra độ phẳng. Sau đó tìm ra những điểm cao có dính son để cạo.

Bề mặt sẽ đạt yêu cầu khi các điểm dính son phân bố đều. Nếu cạo thô số điểm phân bố trong một phần vuông Anh ( $25,4 \times 25,4\text{ mm}$ ) là 12 đến 18 điểm còn cạo tinh là 20 đến 25 điểm.

Khi cạo phải chú ý đến các vấn đề sau:

- Gá đặt chi tiết ổn định, vững vàng. Di chuyển và thay đổi vị trí của nó nhẹ nhàng.
- Bản mẫu phải có độ chính xác và độ cứng vững cao.
- Trước khi cạo phải gia công tinh bì mặt bằng phay, bào, doa,... và sửa hết cạnh sắc. Lượng dư để lại vừa phải (Bảng 6.3).

*Bảng 6.3 Lượng dư để nghị khi cạo*

Chiều rộng mặt phẳng (mm)	Lượng dư cạo theo chiều dài mặt phẳng				
	100 - 500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-6000
< 100	0,1	0,15	0,20	0,20	0,30
100 - 500	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
500 - 1500	0,18	0,25	0,35	0,45	0,50

#### *Khuyết điểm của cạo*

1. Tốn nhiều công sức. Hiện nay có xu hướng thay thế cạo bằng mài, mài điện hóa,...
2. Không cạo được vật liệu quá cứng.

#### Câu hỏi ôn tập Chương 6

- 1) Các dạng mài phẳng thường dùng trong thực tế.
- 2) Trình bày phương pháp mài tròn ngoài có tâm.
- 3) Trình bày phương pháp mài tròn ngoài không tâm.
- 4) Trình bày phương pháp mài tròn trong có tâm và không tâm.
- 5) Phương pháp mài mặt định hình.
- 6) Phương pháp mài nghiền (khái niệm, khả năng công nghệ, dụng cụ mài nghiền).
- 7) Mài khôn (khái niệm, khả năng công nghệ, biện pháp công nghệ).
- 8) Kết cấu đầu khôn gia công lỗ.
- 9) Mài siêu tinh xác (chuyển động tạo hình, khả năng công nghệ).
- 10) Trình bày phương pháp đánh bóng và cạo.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Doãn Sơn, Kỹ thuật chế tạo, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP HCM.
- [2] Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, John Wiley& Sons, Inc., fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Serope Kapakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, Sixth Edition in SI Units, Prentice Hall.

## CÁC QUÁ TRÌNH GIA CÔNG KHÔNG TRUYỀN THỐNG (NONTRADITIONAL PROCESSES)

### 7.1 KHÁI NIỆM

Các quá trình gia công truyền thống (như là tiện, khoan, phay,...) dùng dụng cụ sắc để hình thành chi tiết bằng biến dạng trượt dẻo. Để bổ sung cho các phương pháp truyền thống này, người ta còn dùng các phương pháp khác sử dụng năng lượng khác nhau để tách kim loại. Thuật ngữ *gia công không truyền thống* muôn nói tới một nhóm các phương pháp khác để bóc tách kim loại dựa trên những kỹ thuật khác nhau bằng những dạng năng lượng khác nhau như cơ học, nhiệt, điện, hóa (hoặc là tổ hợp của những dạng năng lượng này). Những phương pháp này không sử dụng dụng cụ sắc như các phương pháp gia công truyền thống.

Những quá trình gia công không truyền thống đã được phát triển từ thế chiến thứ II chủ yếu đáp ứng yêu cầu gia công các vật liệu đặc biệt mà các phương pháp gia công truyền thống không thỏa mãn. Những vật liệu và những yêu cầu kỹ thuật mà các phương pháp gia công truyền thống không thỏa mãn, đó là:

- Sự cần thiết gia công những vật liệu kim loại và phi kim loại mới có những *tính chất đặc biệt* (độ bền, độ cứng, độ chịu va đập cao) mà gia công chúng khó khăn hoặc không thể thực hiện được bằng các phương pháp truyền thống. Những chi tiết này thường thấy trong lĩnh vực hàng không, công nghiệp điện tử
- Sự cần thiết cho những chi tiết có *hình dạng phức tạp* mà không dễ dàng thực hiện được hoặc không thực hiện được bằng các phương pháp gia công truyền thống
- Sự cần thiết tránh hư hỏng bề mặt thường xảy ra khi xuất hiện ứng suất khi gia công cơ.

Hiện nay có rất nhiều công trình nghiên cứu về các phương pháp gia công không truyền thống và đã được trình bày trong các tài liệu tham khảo đặc biệt như [1], [2].

Các phương pháp gia công không truyền thống thường được phân loại dựa trên dạng năng lượng được dùng để tách vật liệu gia công. Theo phân loại này, có 4 dạng sau:

1. Phương pháp cơ - năng lượng cơ ở một vài dạng khác với năng lượng cơ dùng dụng cụ sắc trong phương pháp gia công truyền thống. Ở đây xảy ra quá trình mài mòn của các hạt mài hoặc chất lỏng (hoặc cả hai) là dạng điển hình của tác động cơ học của các quá trình này.

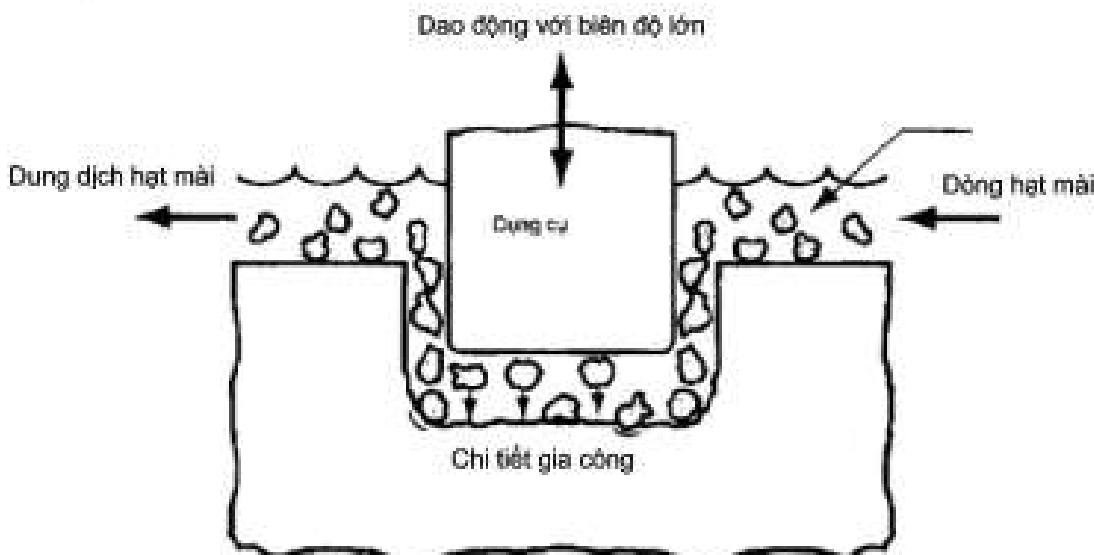
2. Phương pháp điện - hóa. Quá trình gia công không truyền thống này dùng năng lượng điện hóa để tách vật liệu. Cơ chế của nó là ngược với phương pháp mạ điện
3. Phương pháp dùng năng lượng nhiệt - quá trình này dùng năng lượng nhiệt để cắt và tạo hình bề mặt gia công. Năng lượng nhiệt thường tác dụng lên một diện tích rất nhỏ của bề mặt chi tiết và kim loại tại đây sẽ được đốt cháy hoặc bốc hơi. Năng lượng nhiệt được sinh ra bởi sự chuyển đổi của năng lượng điện
4. Phương pháp hóa học - Phần lớn vật liệu (đặc biệt kim loại) dễ bị tác động hóa học của một số axit nhất định hoặc một số chất ăn mòn khác, ứng dụng nguyên lý này để bóc tách vật liệu.

## 7.2 QUÁ TRÌNH GIA CÔNG BẰNG NĂNG LƯỢNG CƠ

Trong phần này, chúng ta khảo sát một vài quá trình gia công dùng năng lượng cơ không truyền thông như (1) gia công bằng siêu âm, (2) gia công bằng tia nước hoặc tia nước kết hợp hạt mài.

### 7.2.1 Gia công bằng siêu âm

Gia công bằng siêu âm (Ultrasonic machining - USM) là phương pháp gia công không truyền thông trong đó các hạt mài ở dạng sét và được chuyển động ở vận tốc cao so với chi tiết gia công bằng dao động của một dụng cụ ở biên độ thấp, xung quanh 0,075mm (0,003 in) và với tần số cao, khoảng 20.000 Hz. Dụng cụ dao động theo hướng vuông góc với bề mặt chi tiết và chuyển động chậm (s) vào chi tiết, từ đó hình dạng của bề mặt gia công được hình thành trên chi tiết. Tất nhiên dưới va đập của hạt mài lên bề mặt chi tiết. Quá trình cắt được thực hiện. Hình ảnh tổng quát của phương pháp gia công bằng siêu âm được minh họa trên Hình 7.1.

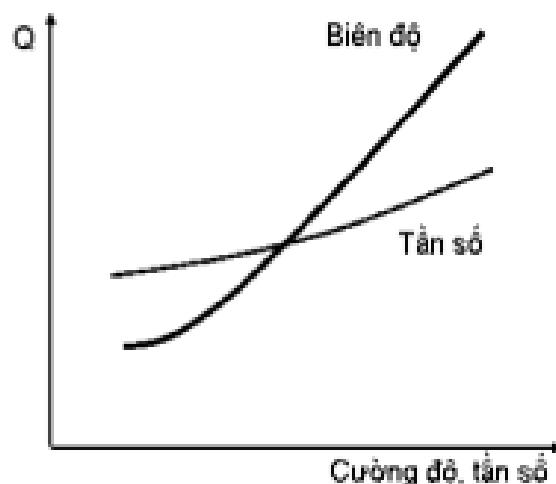


*Hình 7.1 Gia công bằng siêu âm*

Dụng cụ phổ biến được dùng trong siêu âm bao gồm thép mềm và thép Inox

Vật liệu hạt mài trong gia công siêu âm thường là ôxít nhôm, cátbit silic and kim cương. Kích thước hạt trong phạm vi khoảng 100 đến 2000. Biên độ dao động nên lấy xấp

xì băng kích thước hạt và kích thước khe hở nên giữ khoảng hai lần kích thước hạt. Độ nhám bề mặt khi gia công băng siêu âm phụ thuộc nhiều yếu tố như kích thước hạt mài, tần số, biên độ và khe hở giữa dụng cụ và bề mặt gia công. Ngoài ra còn phụ thuộc vào năng suất gia công. Đối với vật liệu đã cho trước, năng suất khi gia công sẽ tăng khi tăng tần số và biên độ của dao động. Quan hệ này được thể hiện trên Hình 7.2.



**Hình 7.2** Ảnh hưởng của tần số và biên độ dao động đến năng suất gia công

Tác động cắt gọt trong phương pháp siêu âm xảy ra trên chi tiết cũng như trên dụng cụ. Khi các hạt mài mài mòn bề mặt chi tiết cũng mài mòn dụng cụ do đó ảnh hưởng đến hình dạng của nó và khi gia công chúng ta phải biết tỉ lệ này. Trong thực tế, tỉ lệ này phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau:

Phụ thuộc vào vật liệu chi tiết gia công ví dụ khi gia công thủy tinh tỉ lệ này là 100/1 và khi gia công thép 1/1.

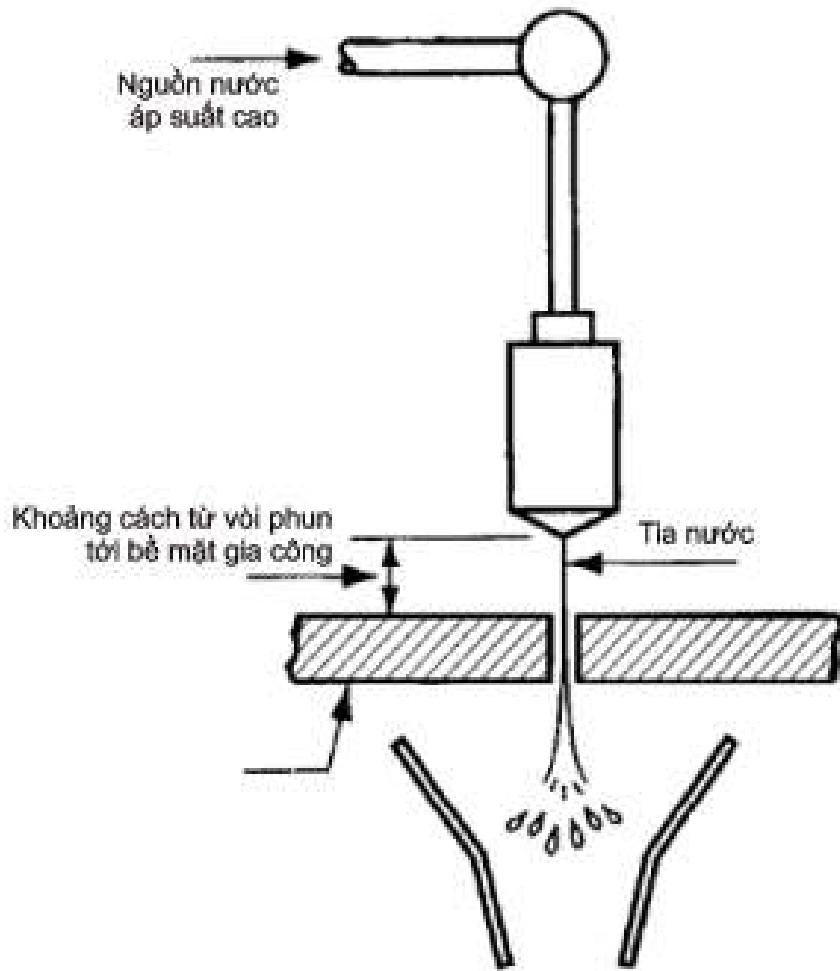
Hỗn hợp bột mài trong nước giao động từ 20% đến 60% [1]. Hỗn hợp này cần được cung cấp liên tục theo chu kỳ để cung cấp những hạt mài mới vào vùng gia công đồng thời nhờ dòng chảy liên tục sẽ mang phoi và các hạt mài bị mòn ra khỏi vùng gia công. Sự phát triển của máy gia công băng siêu âm được thúc đẩy bởi sự cần thiết sử dụng các vật liệu cứng, giòn như là ceramic, thủy tinh và cácbit, thép Inox, thép hợp kim titan. Khi gia công băng siêu âm hình dạng của lỗ thường không tròn, bị cong dọc theo trục của lỗ và có màu nguyên nhân chính do dụng cụ bị mòn.

### 7.2.2 Gia công băng tia nước hoặc tia nước hạt mài

Quá trình tách vật liệu được trình bày dưới đây là những quá trình dùng những tia nước với vận tốc và áp suất cao hoặc kết hợp tia nước với các hạt mài.

#### a) *Cắt bằng tia nước (WJC)*

Cắt bằng tia nước là dùng những tia nước mạnh, vận tốc và áp suất cao hướng vuông góc với bề mặt gia công tạo ra quá trình gia công. Sơ đồ nguyên lý được minh họa trên Hình 7.3.



*Hình 7.3 Cắt bằng tia nước*

Để đạt được dòng nước mảnh, cần một vòi phun với đường kính nhỏ từ 0,1 đến 0,4 mm. Để tạo ra dòng tia với năng lượng đủ lớn phục vụ cho quá trình cắt, áp suất của dòng tia phải đủ (thường dùng 400 Mpa). Vận tốc của tia nước lên tới 900m/giây. Dòng chất lỏng được điều áp đến một giá trị cần thiết bằng bơm thủy lực. Cụm vòi phun gồm vòi và lỗ để lắp vòi. Vòi được chế tạo từ vật liệu kim cương hoặc đá cứng còn lỗ lắp vòi vật liệu là Inox. Vòi phun chế tạo từ kim cương có độ bền tốt nhất nhưng giá thành cao. Hệ thống lọc cần được sử dụng trong già công cắt bằng tia nước để tách các phoi tạo ra khi già công.

Các chất lỏng dùng trong cắt tia nước là các dung dịch hòa tan cao phân tử vì nó tạo ra những tia có liên kết liên tục (streams coherent).

Các tham số quan trọng của quá trình gồm: khoảng cách từ miệng vòi phun đến bề mặt gia công, đường kính vòi phun, áp suất dòng nước và tốc độ cắt. Trên Hình 7.3 với các ký hiệu minh họa. Khoảng cách từ miệng vòi phun đến bề mặt gia công thường có quan hệ với kích thước của dòng tia sau khi ra khỏi vòi phun và trước khi đập vào bề mặt gia công. Khoảng cách điển hình thường lấy bằng 3,2 mm. Đường kính của miệng vòi ánh hưởng đến độ chính xác. Khi cắt trên các vật liệu mỏng thường dùng vòi phun có đường kính nhỏ. Khi già công thô trên những vật liệu dày thường dùng các tia nước có kích thước lớn hơn và áp suất cao hơn. Tốc độ di chuyển của vòi phun tùy thuộc vào tốc độ của chùm tia, thông thường dao động trong khoảng từ 5 mm/giây đến 500 mm/giây.

Quá trình cắt bằng tia nước thường được tự động hóa dùng kỹ thuật điều khiển số hoặc dùng rô bốt để thao tác vòi phun theo quỹ đạo mong muốn.

Cắt bằng tia nước có thể dùng để cắt các rãnh hẹp trong phôi mỏng như chất dẻo, vải, composit, gạch lát sàn nhà hoặc những vật liệu khác như da, thảm, bìa các tông. Các rô bốt nhỏ có thể dùng trong cắt bằng tia nước để di chuyển vòi cắt theo 3 chiều.

Ưu điểm của cắt bằng tia nước là không tạo vết nứt hoặc cháy do nhiệt giống như các quá trình cơ học khác, hao phí vật liệu thấp vì đường cắt rất hẹp, không ô nhiễm môi trường. Hạn chế của phương pháp này là không thích hợp khi gia công vật liệu giòn (như thủy tinh) vì thường gây nứt.

### b) *Cắt bằng tia nước hạt mài (AWJC)*

Để cắt các chi tiết bằng kim loại, thường người ta cho thêm các hạt mài để tăng khả năng cắt. Việc thêm các hạt mài vào tia nước sẽ làm cho quá trình cắt thêm phức tạp do vậy việc khống chế các tham số tham gia vào quá trình cắt là quan trọng. Ở đây các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình cắt là dạng các hạt mài, kích thước hạt mài và tốc độ chảy. Các hạt mài thường dùng như oxyt nhôm, silic, đá hồng ngọc. Kích thước các hạt thường từ 60 đến 120. Lượng hạt mài được thêm vào tia nước khoảng 0,23kg/ phút. Các tham số còn lại cũng giống như khi cắt bằng tia nước, tuy nhiên các thông số này có thể điều chỉnh độ lớn cho phù hợp.

## 7.3 QUÁ TRÌNH GIA CÔNG BẰNG ĐIỆN HÓA

Một nhóm quan trọng của các quá trình gia công không truyền thống là dùng năng lượng điện để tách vật liệu. Nhóm này được nhận ra bởi thuật ngữ *quá trình điện hóa* bởi vì năng lượng điện được kết hợp với các phản ứng hóa học để hoàn thành tách vật liệu. Vật liệu gia công cần phải dẫn điện.

### 7.3.1 Gia công điện hóa (Electrochemical Machining)

Quá trình cơ bản trong nhóm này là gia công điện hóa (ECM). Gia công điện hóa tách vật liệu từ chi tiết dẫn điện bằng hòa tan điện cực dương, trong đó hình dạng của chi tiết đạt được bởi hình dạng điện cực dụng cụ nhờ dòng điện phân. ECM là bản chất của điện phân. Như minh họa trên Hình 7.4 chi tiết là điện cực dương còn dụng cụ là điện cực âm. Nguyên tắc cơ bản của quá trình là vật liệu là được phân giải từ cực dương nhờ tác dụng của bể điện phân. Sự khác nhau trong ECM là ở chỗ chất điện phân trong bể không đứng yên mà cháy thành dòng rất mạnh giữa hai điện cực và mang vật liệu đã được phân giải và do vậy nó không phủ lên dụng cụ như nguyên công mạ.

Điện cực dụng cụ thường chế tạo bằng đồng thau, đồng đỏ hoặc inox. Nó được thiết kế có hình dạng ngược với hình dạng của chi tiết gia công. Kích thước của dụng cụ cần phải đảm bảo khe hở giữa chi tiết và dụng cụ. Để thực hiện tách vật liệu từ chi tiết, điện cực của dụng cụ cần ăn vào chi tiết ở tốc độ bằng tốc độ tách vật liệu. Tốc độ tách vật liệu được xác định bởi định luật thứ nhất Faraday: số lượng kim loại được hòa tan tỉ lệ thuận với dòng điện chạy qua (dòng điện x thời gian).

$$V = Clt \quad (7.1)$$

Ở đây:

$V$  - thể tích của vật liệu được tách ra ( $\text{mm}^3$ )

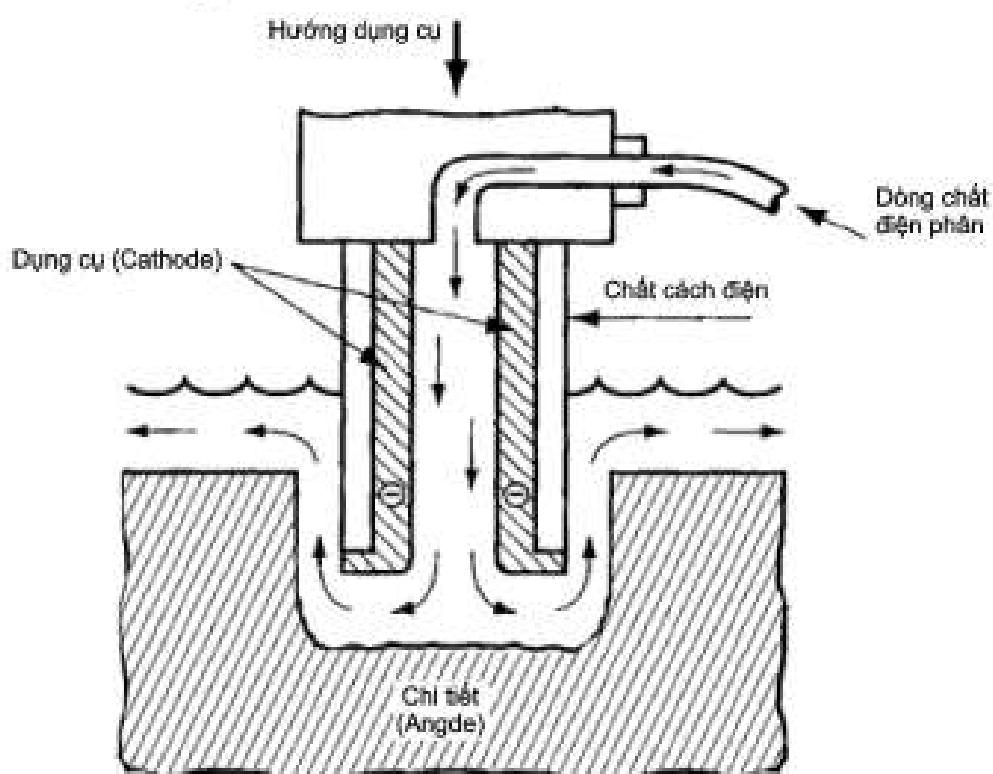
$C$  - hằng số hay còn gọi là tốc độ tách vật liệu riêng phụ thuộc vào trọng lượng nguyên tử, hóa trị và trọng lượng riêng của chi tiết gia công. Trên cơ sở định luật Ôm, dòng điện  $I = U/R$ , ở đây  $U$  - điện áp,  $R$  - điện trở. Ở đây:  $R = gr/A$

$g$  - khe hở giữa điện cực và chi tiết, mm;

$r$  - kháng trở của chất điện phân, ( $\text{om} \cdot \text{mm}$ )

$A$  - diện tích bề mặt giữa dụng cụ và chi tiết trong khe hở đối diện nhau, (mm).  
Thay biểu thị của  $R$  vào định luật Ôm, chúng ta có:

$$I = UA/gr \quad (7.2)$$



Hình 7.4 Gia công bằng điện hóa (ECM)

Và thay thế phương trình này vào phương trình được xác định bởi định luật Faraday

$$V = C(Uat)/ gr \quad (7.3)$$

Để thuận lợi chuyển đổi phương trình này qua biểu thị của của lượng tiền dụng cụ vào chi tiết. Sự chuyển đổi này có thể thực hiện qua 2 bước. Bước 1 chúng ta chia phương trình (2.x) cho  $At$  (diện tích x thời gian):

$$V/At = f_c = CU/gr \quad (7.4)$$

Ở đây  $f_c$  = tốc độ của dụng cụ,  $\text{mm/s}$ . Bước thứ 2, chúng ta thay  $I/A$  vào chỗ  $U/gr$  của phương trình (7.3). Từ đó ta có ràng buộc:

$$f_c = CI/A \quad (7.5)$$

Ở đây A - diện tích đối diện (phía mặt đầu) của điện cực với chi tiết. Giá trị của hằng số C được cho trong Bảng 9.1 (trích từ tài liệu 5) với những vật liệu khác nhau. Chúng ta cần chú ý rằng phương trình (2.xxx) với già thiết hiệu suất tách vật liệu là 100%. Hiệu suất thực tế giao động từ 90% đến 100% phụ thuộc vào hình dạng dụng cụ, điện áp và cường độ dòng điện cũng như những yếu tố khác.

### Ví dụ về gia công điện hóa

Dùng phương pháp gia công điện hóa (ECM) để gia công lỗ trên tấm phẳng nhôm dày 12mm. Lỗ có tiết diện ngang là hình chữ nhật hai cạnh là 10mm và 30mm. Nguyên công gia công điện hóa (ECM) sẽ được thực hiện với dòng điện 1200amps. Hiệu suất mong muốn 95%. Xác định tốc độ dịch chuyển dụng cụ và thời gian cắt  $T_m$ .

*Bảng 7.1. Giá trị điển hình của hằng số C*

Vật liệu chi tiết	Hằng số C (mm <sup>3</sup> /amp.giây)	Vật liệu chi tiết	Hằng số C
Nhôm (3)	$3,44 \times 10^{-2}$	Thép	$3,0 \times 10^{-2}$
Đồng (1)	$7,35 \times 10^{-2}$	Thép hợp kim thấp	$2,73 \times 10^{-2}$
Gang (2)	$3,42 \times 10^{-2}$	Thép hợp kim cao	$2,46 \times 10^{-2}$
Nickel (2)	$3,42 \times 10^{-2}$	Thép không rỉ	$2,73 \times 10^{-2}$
		Thép titanium	

### Giải

Từ Bảng 7.1, hệ số C đối với nhôm =  $3,44 \times 10^{-2}$  mm<sup>3</sup>/A.s. Diện tích mặt đầu của dụng cụ:  $A = 10\text{mm} \times 30\text{mm} = 300\text{ mm}^2$ . Với cường độ dòng là 1200 ampe. Tốc độ chuyển dịch của dụng cụ sẽ là:  $f_r = 0,0344\text{ mm}^3/\text{A.s} (1200/300\text{ A/mm}^2) = 0,1376\text{mm/s}$ .

Với hiệu suất 95%, tốc độ dịch chuyển thực tế sẽ là:

$$F_r = 0,1376\text{ mm/s} \times 0,95 = 0,1307\text{ mm/s}$$

Thời gian gia công với chiều dày 12mm sẽ là:

$$T_m = 12,0 / 0,1307 = 1,53\text{ phút}$$

Trong những phương trình ở trên đã chỉ ra các tham số để xác định năng suất bóc vật liệu và tốc độ di chuyển của kim loại trong gia công điện hóa: kích thước khe hở g, suất điện tròn của chất điện phân r, dòng điện I và diện tích mặt đầu của điện cực A. Khoảng cách khe hở cần phải kiểm soát chặt chẽ. Nếu g tròn nên quá lớn, quá trình điện phân sẽ chậm lại. Tất nhiên nếu điện cực dụng phải chi tiết, ngắn mạch sẽ xuất hiện và sẽ ngừng quá trình hoàn toàn. Trong thực tế khe hở thường duy trì trong phạm vi  $0,075 \rightarrow 0,75\text{ mm}$ . Môi trường chất điện phân thường dùng là nước. Để giảm điện trở suất của chất điện phân, các muối như NaCl hoặc NaNO<sub>3</sub> thường được thêm vào trong dung dịch. Hơn nữa để vận chuyển kim loại được tách ra từ chi tiết cũng như các tạp chất khác và tái nhiệt ra khỏi vùng gia công. Vật liệu của chi tiết được tách ra ở dạng các hạt rất nhỏ cần được tách khỏi dung dịch điện phân nhờ ly tâm.

Các hạt kim loại được tách ra hình thành dung dịch đặc sệt, sự hủy bỏ chúng là vấn đề quan trọng, liên quan đến yếu tố môi trường.

Công suất điện năng yêu cầu cho gia hóa là rất lớn. Như các phương trình đã chỉ rõ, năng suất bóc vật liệu được xác định bởi công suất điện, đặc biệt cường độ dòng mà có thể cung cấp cho nguyên công. Điện áp yêu cầu khi gia công điện hóa tương đối thấp.

Gia công điện hóa thông thường dùng khi vật liệu chi tiết rất cứng hoặc gia công khó khăn bằng phương pháp gia công truyền thống. Ứng dụng điển hình bao gồm:

- (1) Khuôn dập với hình dạng đặc biệt
- (2) Gia công các lỗ đồng thời
- (3) Các lỗ có tiết diện không tròn,...

### *Ưu điểm của gia công điện hóa*

- Ít tác động xấu đến bề mặt gia công
- Không làm cháy bề mặt như các phương pháp gia công truyền thống (ví dụ mài chẵng hạn)
- Dụng cụ ít mòn
- Năng suất gia công cho vật liệu cứng và hình dạng khó gia công.

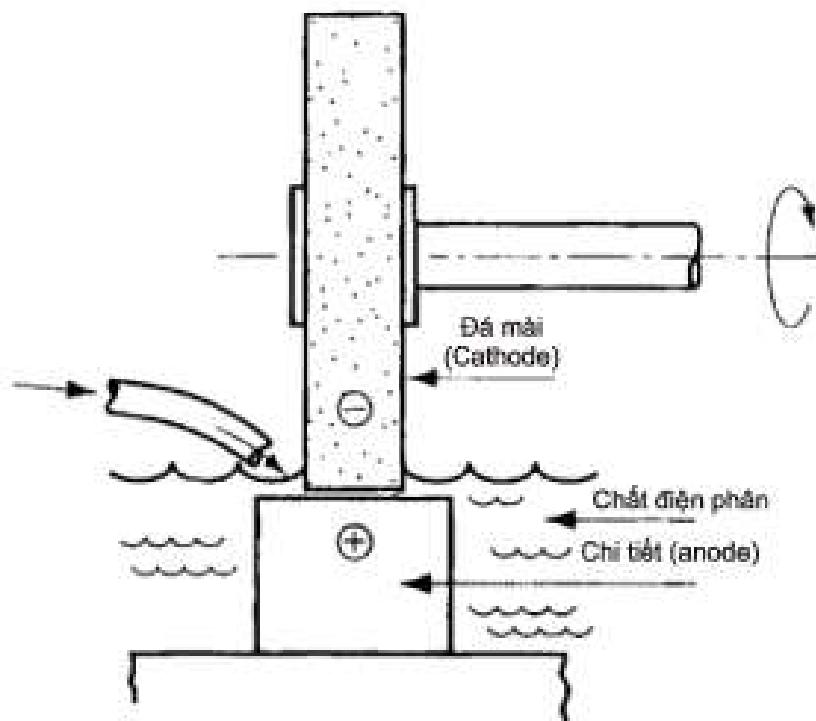
### *Nhược điểm của gia công điện hóa*

- Tốn điện năng
- Hủy bỏ chất thải.

#### **7.3.2 Mài điện hóa (ECG)**

Mài điện hóa là dạng đặc biệt của gia công điện hóa (ECM) mà dụng cụ là đá mài có chất dinh kết dẫn điện và thực hiện chuyển động quay với mục đích tăng cường quá trình hòa tan của vật liệu bề mặt chi tiết trong môi trường chất điện phân. Sơ đồ gia công được minh họa như Hình 7.5.

Các hạt mài được dùng trong mài điện hóa gồm oxít nhôm và kim cương. Vật liệu liên kết có thể là kim loại (cho vật liệu mài là kim cương) hoặc chất dẻo được hòa trộn tạo thành hỗn hợp chất dẫn điện (các hạt mài là oxít nhôm). Các hạt mài lồi ra từ đá mài khi tiếp xúc với bề mặt chi tiết sẽ hình thành khe hở trong mài điện hóa. Chất điện phân di chuyển qua khe hở giữa các hạt đóng vai trò quan trọng trong quá trình điện phân. Vì quá trình gia công là được thực hiện bởi tác dụng điện hóa, đá mài trong mài điện hóa có tuổi bền cao hơn đá mài khi mài thường.

**Hình 7.5 Mô hình mài điện hóa**

## 7.4 GIA CÔNG BẰNG NĂNG LƯỢNG NHIỆT

Quá trình tách vật liệu dựa trên năng lượng nhiệt với nhiệt độ cục bộ rất cao: dù nóng để tách vật liệu bằng quá trình đốt cháy và bốc hơi vật liệu. Vì nhiệt rất cao, những quá trình này thường tác động đến tinh chất lý hóa của bề mặt mới được hình thành. Trong nhiều trường hợp chất lượng bề mặt thu được rất xấu không đáp ứng chất lượng yêu cầu của nguyên công thực hiện. Trong phần này, chúng ta khảo sát một vài quá trình dùng năng lượng nhiệt mà có ý nghĩa thương mại rất lớn: phương pháp gia công tia lửa điện (EDM), gia công bằng chùm tia điện tử, gia công bằng laze và quá trình gia công nhiệt truyền thống.

### 7.4.1 Các quá trình gia công bằng tia lửa điện

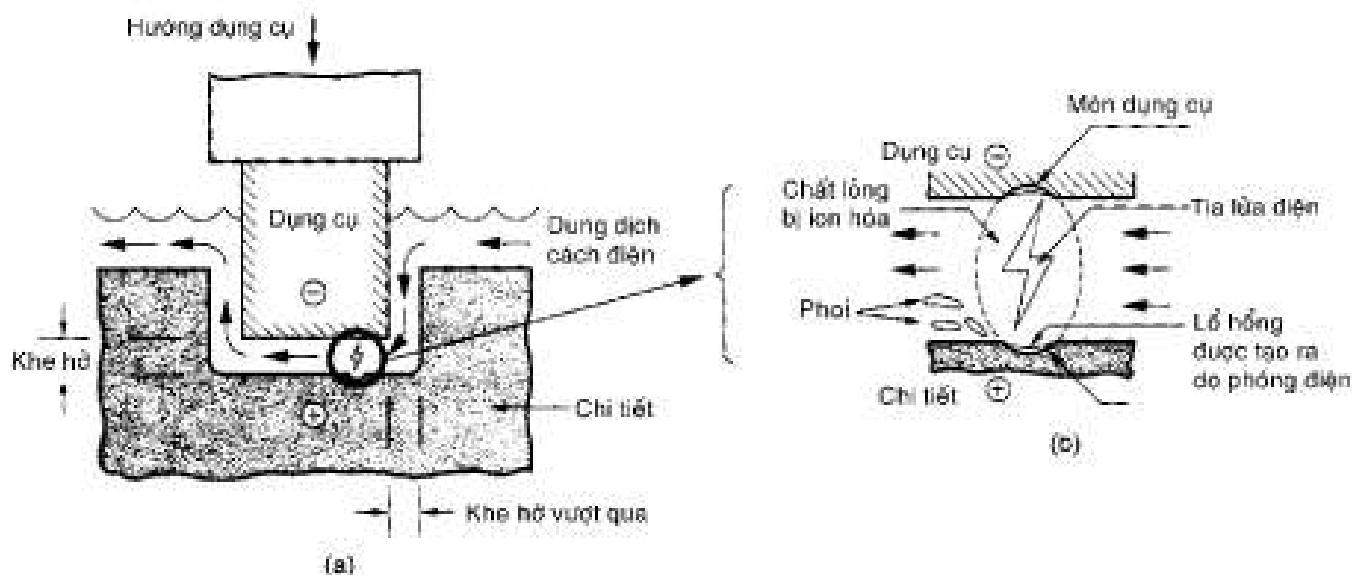
Các quá trình gia công tia lửa điện tách vật liệu bằng một loạt các quá trình phóng điện gián đoạn (các tia lửa điện) và tạo ra nhiệt độ cục bộ đủ lớn để nóng chảy và bốc hơi kim loại trong phạm vi hẹp của tia lửa điện. Có hai quá trình chính của loại này, đó là:

- Gia công bằng phóng điện của điện cực (EDM)
- Gia công bằng phóng điện của dây (WDM).

Các quá trình này chỉ dùng đối với vật liệu gia công dẫn điện.

#### *1) Gia công bằng phóng điện của điện cực (Electric Discharge Machining: EDM)*

Gia công bằng phóng điện là một trong những phương pháp thông dụng nhất của các phương pháp gia công không truyền thống. Sơ đồ nguyên lý được minh họa trên Hình 7.6.



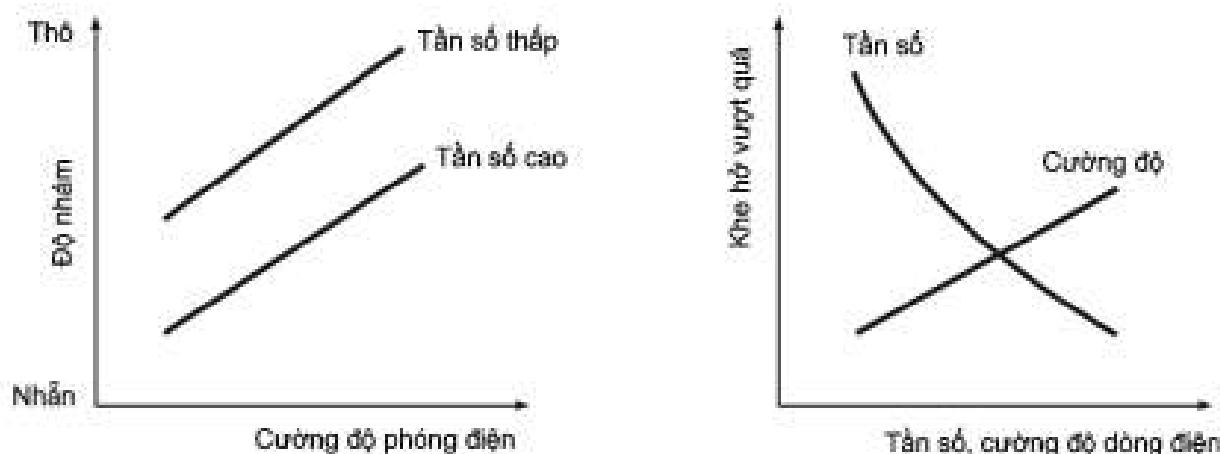
**Hình 7.6 Gia công tia lửa điện**

a) Mô hình tổng quát; b) Khe hở giữa hai điện cực xảy ra phóng điện và tách vật liệu

Hình dạng của bề mặt chi tiết cuối cùng được tạo ra bởi điện cực định hình của dụng cụ. Tia lửa điện xuất hiện giữa khe hở nhỏ của hai điện cực. Quá trình gia công tia lửa điện phải có sự tham gia của chất lỏng cách điện. Các chất cách điện sẽ tạo ra kênh dẫn điện khi xảy ra phóng tia lửa điện (ion hóa chất lỏng giữa hai điện cực).

Hình 7.6b chỉ ra khe hở nơi xảy ra phóng điện. Tia lửa điện xuất hiện tại những vị trí mà khoảng cách giữa hai điện cực là nhỏ nhất (định các nhấp nhô của hai điện cực). Chất lỏng cách điện ion hóa tại những vị trí này để tạo ra dẫn điện cho quá trình phóng điện. Tại vị trí xảy ra tia lửa điện nhiệt độ rất cao có thể làm cháy lỏng và bốc hơi kim loại và được tách ra khỏi bề mặt gia công nhờ dòng chảy của chất lỏng cách điện. Số lần phóng điện trong một dây có thể lên đến hàng ngàn.

Hai tham số quan trọng của quá trình phóng điện là cường độ và tần số của quá trình phóng điện. Một khi một trong hai thông số này tăng lên, năng suất bóc kim loại sẽ tăng lên. Độ bóng bề mặt của chi tiết gia công cũng ảnh hưởng bởi hai thông số này như chỉ ra trên Hình 7.7.



**Hình 7.7 a) Độ bóng bề mặt là hàm số của cường độ và tần số của quá trình phóng điện;**

**b) Khe hở vượt qua phụ thuộc tần số và cường độ dòng điện**

Độ bóng bề mặt tốt nhất đạt được khi tần số phóng điện ở tần số lớn và cường độ nhỏ. Khi điện cực chuyển dịch về phía dụng cụ sẽ đạt được khe hở phóng điện (khe hở phóng điện giữa điện cực dụng cụ và bề mặt chi tiết gia công trong khoảng 0,025 -0,05 mm). Đồng thời xuất hiện khe hở giữa đường kính của dụng cụ và đường kính thực tế của chi tiết. Khe hở này xuất hiện vì có sự phóng điện giữa mặt bên của dụng cụ và chi tiết. Khe hở này là một hàm số của cường độ và tần số như minh họa trên Hình 7.7(b)

Chú ý rằng nhiệt độ của tia lửa điện mà đốt cháy chi tiết đồng thời cũng đốt cháy điện cực và tạo ra những lỗ trên bề mặt dụng cụ đối diện với lỗ sinh ra trên chi tiết. Mòn dụng cụ thường được đo bằng tỉ số của vật liệu chi tiết và vật liệu dụng cụ được tách ra. Tỉ số này dao động từ 1 → 100 hoặc hơn phụ thuộc vào vật liệu gia công và vật liệu chi tiết. Vật liệu điện cực thường dùng: graphit, đồng thau, đồng đúc, hợp kim đồng wolfram, hợp kim bạc wolfram hoặc những vật liệu khác.

Chọn vật liệu dụng cụ phụ thuộc vào công suất cung cấp cho chu trình phóng điện trên máy EDM, vật liệu của chi tiết và khi gia công thô hoặc tinh. Graphit thường được dùng nhiều trong thực tế vì tính chất nóng chảy của nó. Trong thực tế graphit không nóng chảy. Nó bốc hơi ở nhiệt độ rất cao và lỗ hỏng mà tia lửa điện tạo ra trên bề mặt chi tiết thường nhỏ hơn so với các điện cực khác. Kết quả độ mòn của dụng cụ thấp.

Độ cứng và độ bền của vật liệu gia công thường không ảnh hưởng trong gia công EDM. Điểm nóng chảy của vật liệu gia công là yếu tố quan trọng. Năng suất gia công phụ thuộc vào điểm nóng chảy của vật liệu gia công và có thể có thể tính gần đúng theo công thức thực nghiệm như sau:

$$Q = \frac{KI}{T_m^{1.23}} \quad (7.6)$$

Ở đây: Q - năng suất bóc vật liệu  $\text{mm}^3/\text{s}$

K - hằng số, giá trị của nó lấy bằng 664

I - cường độ phóng điện (amps)

$T_m$  - nhiệt độ nóng chảy, °C. Điểm nóng chảy chọn theo Bảng 7.2.

Bảng 7.2 Điểm nóng chảy của vật liệu

TT	Vật liệu	Điểm nóng chảy °C
1	Nhôm	660
2	Đồng	1083
3	Gang	1539
4	Chì	327
5	Nikel	1455
6	Thép	Phụ thuộc vào thành phần
7	Kẽm	420
8	Wolfram	3410
9	Thiếc	232

**Ví dụ** Tính năng suất bóc vật liệu với vật liệu là hợp kim ứng với điểm nóng chảy 1100°C được gia công bằng EDM. Cường độ dòng điện 25amps.

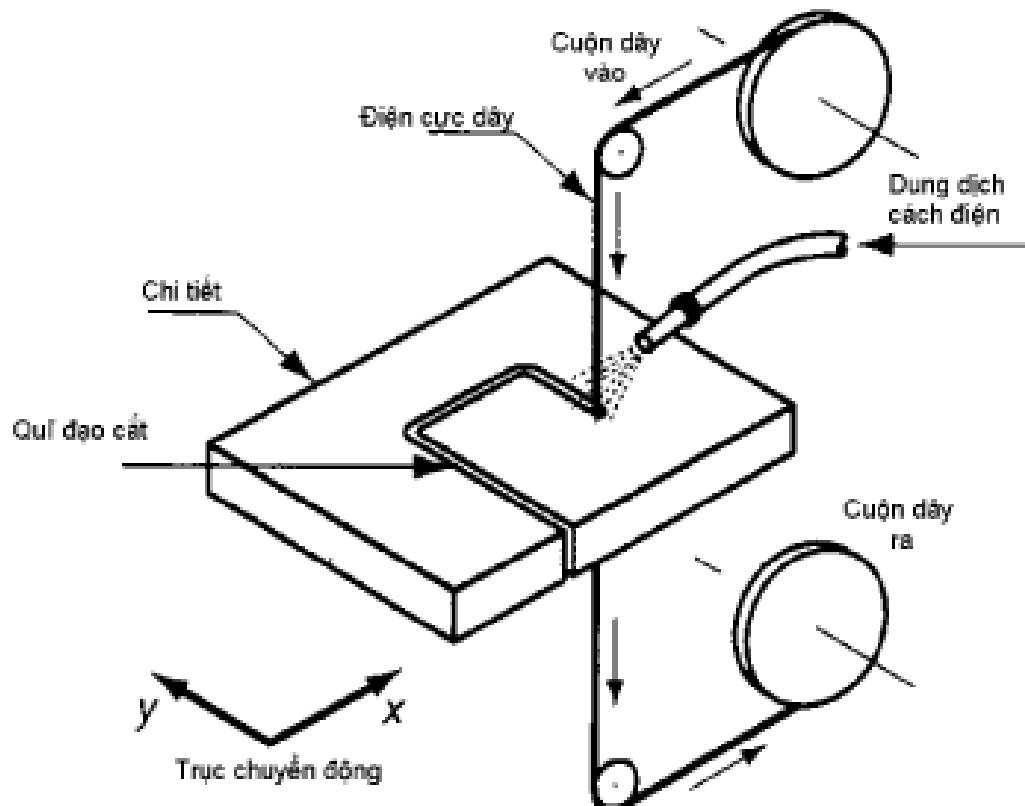
$$Q = \frac{664}{1100^{1.23}} = 3,01 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Chất lỏng cách điện được dùng trong EDM bao gồm: hydrocarbon dầu, dầu lửa, nước chung cát hoặc nước được khử ion. Chất lỏng cách điện đảm bảo chức năng cách điện ở giữa khe hở của các điện cực ngoại trừ xuất hiện ion hóa khi có mặt của tia lửa điện. Một chức năng khác nữa là vận chuyển phôi ra khỏi vùng gia công và làm nguội điện cực dụng cụ và chi tiết gia công.

Ứng dụng của gia công tia lửa điện bao gồm cả sản xuất dụng cụ và sản xuất các chi tiết. Sản xuất dụng cụ thường dùng phương pháp tia lửa điện để cả các khuôn mẫu trong các đầu phun chất dẻo, các khuôn kéo dây, các khuôn đập kim loại. Ngoài ra các chi tiết máy khi gia công bằng phương pháp truyền thống, lực cắt làm biến dạng chi tiết hoặc khi gia công các lỗ xiên hoặc các chi tiết có độ cứng cao.

## 2) *Cắt dây tia lửa điện (Electric discharge wire cutting) (EDWC)*

Cắt dây tia lửa điện hay thường gọi máy gia công tia lửa điện dây (wire EDM). Đây là trường hợp đặc biệt của gia công tia lửa điện mà điện cực dụng cụ là dây với đường kính nhỏ để cắt rãnh hẹp trên chi tiết. Quá trình cắt xảy ra trong EDM đạt được bằng nồng lượng nhiệt từ phóng điện giữa điện cực dây và chi tiết gia công. EDM dây được minh họa trên Hình 7.8. Chi tiết thực hiện chuyển động chạy dao liên tục và chậm theo quỹ đạo mong muốn.



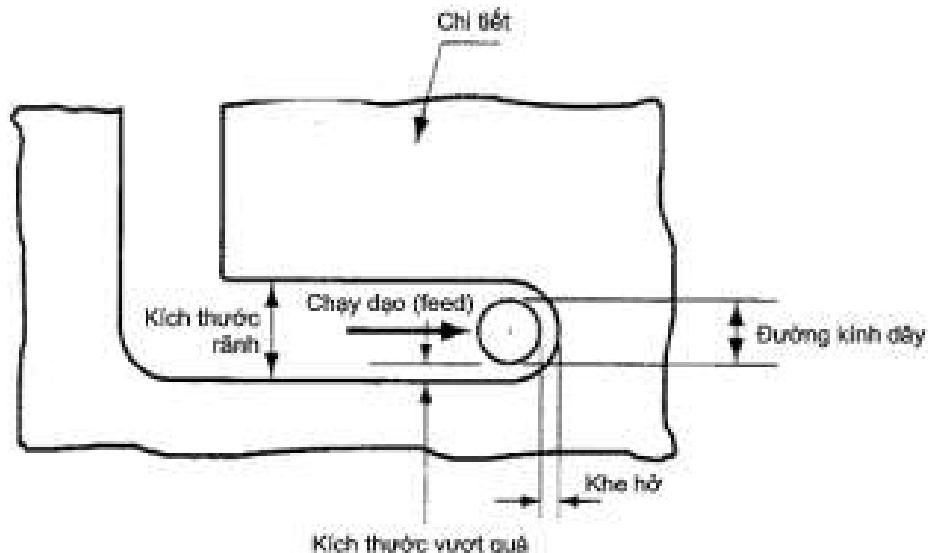
**Hình 7.8** *Cắt tia lửa điện bằng dây (EDWC)*

Phương pháp này có phần hơi giống cưa dây. Điều khiển số được dùng để điều khiển chuyển động của chi tiết gia công. Khi cắt, dây chuyển động liên tục từ cuộn cấp dây đến cuộn thu dây do đó điện cực dây sẽ được làm mát và tạo ra bề rộng cắt không đổi khi gia công. Giống như trong EDM, cắt dây cần phải có chất cách điện. Dung dịch cách điện được phun thẳng vào vùng cắt hoặc ngâm chi tiết trong bể dung dịch chất cách điện.

Đường kính của dây dao động từ 0,076 đến 0,30 mm (0,003 đến 0,012 in), phụ thuộc vào bề rộng rãnh yêu cầu. Vật liệu dây thường dùng là đồng thau, đồng đúc, vonfram hoặc moliipden. Chất lỏng cách điện thường dùng là nước cắt hoặc dầu. Cũng như khi gia công EDM, trong cắt dây, bề rộng rãnh sau khi gia công thường lớn hơn đường kính dây như minh họa trên Hình 7.9. Lượng cắt quá thường dao động 0,020 đến 0,051mm (0,0008 đến 0,002 in). Khi chế độ công nghệ được xác lập, lượng cắt quá khá ổn định và có thể đoán trước được.

Mặc dù cắt dây tương tự như nguyên công cưa dây, độ chính xác của nó vượt xa phương pháp cưa dây. Khe hở hẹp hơn nhiều. Các góc có bán kính nhỏ hơn nhiều và lực cắt tác dụng lên chi tiết gia công không cò. Hơn nữa, độ cứng và độ bền của vật liệu gia công không ảnh hưởng đến quá trình thực hiện mà chỉ yêu cầu chi tiết dẫn điện.

Đặc điểm của phương pháp cắt dây là rất phù hợp gia công các chi tiết trong khuôn dập vì khe hở là rất hẹp do vậy thường sản xuất chày và cối trong một lần cắt như minh họa trên Hình 7.9.



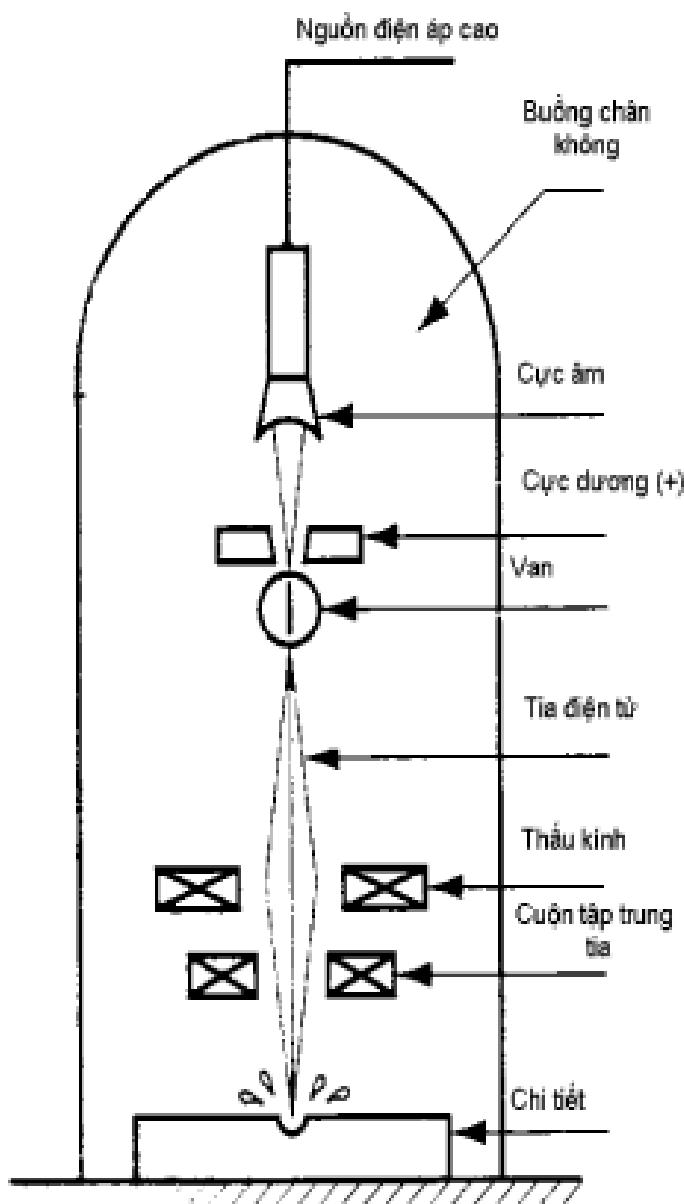
*Hình 7.9 Kích thước rãnh và kích thước vượt quá so với dây sau khi gia công*

#### 7.4.2 Gia công bằng chùm tia điện tử

Gia công bằng chùm tia điện tử (EBM) là một trong những phương pháp sử dụng năng lượng nhiệt nhờ chùm tia điện tử. Ngoài gia công, phương pháp này còn được sử dụng trong các công nghệ như xử lý nhiệt, hàn. Gia công bằng chùm tia điện tử là dùng dòng điện tử tốc độ cao tập trung vào bề mặt của chi tiết gia công để tách lớp vật liệu bằng nóng chảy và bốc hơi kim loại. Sơ đồ của quá trình gia công EBM là được minh họa như Hình 7.10.

Cụm tạo chùm tia điện tử tạo ra dòng tia điện tử liên tục với tốc độ xấp xỉ 75% vận tốc của ánh sáng và được hội tụ nhờ thấu kính. Thấu kính có khả năng tập trung tác dụng của chùm tia lên một diện tích rất nhỏ khoảng 0,025mm (0,001 in). Tốc độ va chạm lớn, động năng của chùm tia sẽ chuyển thành nhiệt năng với nhiệt độ rất cao sẽ làm nóng chảy và bốc hơi vật liệu gia công trên một diện tích rất nhỏ.

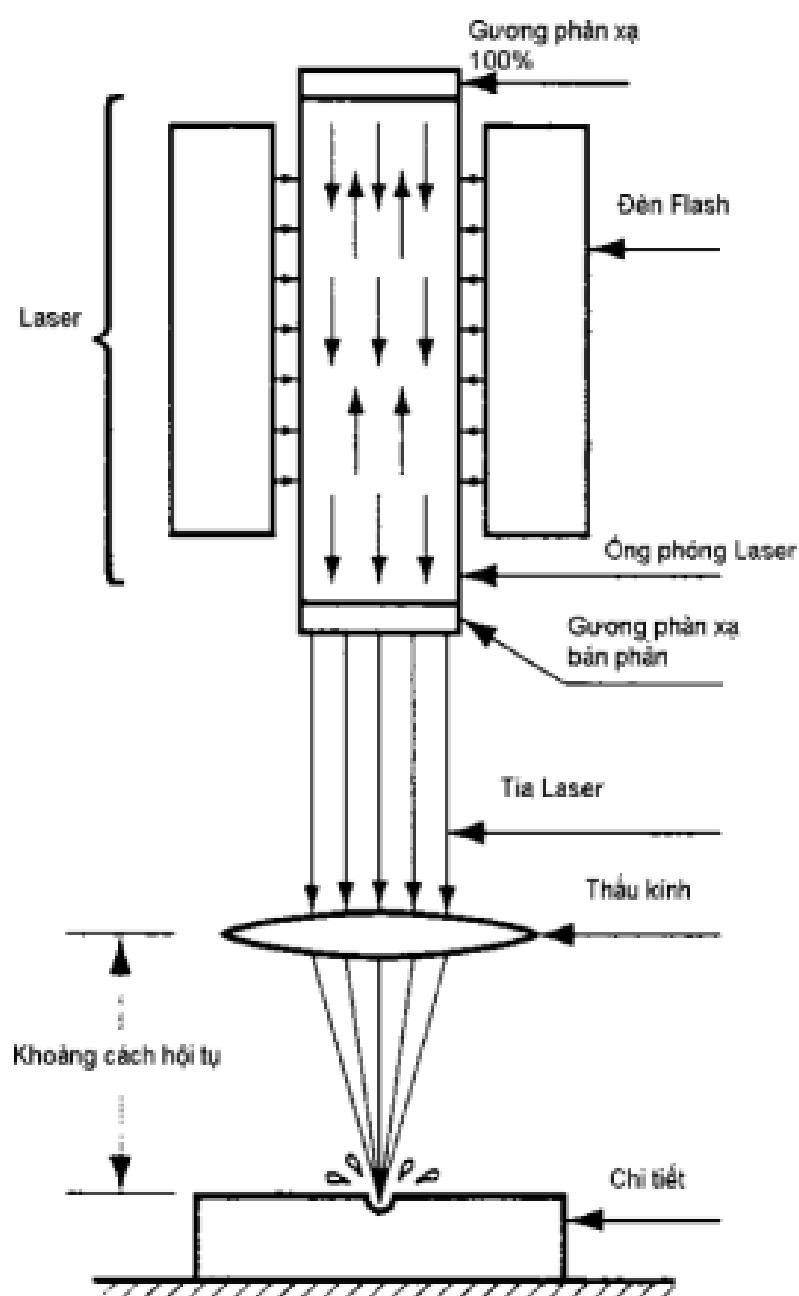
Gia công bằng chùm tia điện tử được sử dụng rất đa dạng để gia công chính xác cho bất kỳ loại vật liệu nào. Những ứng dụng bao gồm: khoan các lỗ cực nhỏ (đường kính nhỏ nhất 0,05mm), khoan lỗ có tỉ lệ chiều sâu và đường kính ( $l/d$ ) rất lớn có thể đến 100/1. Có thể gia công rãnh có bề rộng nhỏ 0,025mm. Dung sai kích thước rất nhỏ và không có ảnh hưởng của lực cắt và mài mòn dụng cụ. Phương pháp này gia công lý tưởng đối với những vật liệu mỏng (chiều dày tấm khoảng 0,25 đến 6,3 mm). Gia công bằng chùm tia điện tử cần tiến hành trong môi trường chân không để hạn chế va chạm của các điện tử với các phân tử khí. Một hạn chế khác là yêu cầu năng lượng tiêu hao lớn và đầu tư thiết bị cao.



Hình 7.10 Gia công bằng chùm tia điện tử

### 7.4.2 Gia công bằng chùm tia laze

Laze được dùng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như xử lý nhiệt, hàn, đo lường cũng như cắt gọt. Laser là chữ viết tắt của “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” nghĩa là quá trình khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ cưỡng bức”. Laser là loại ánh sáng có tính chất đặc biệt, là loại sóng điện từ nằm trong dãy ánh sáng có thể nhìn thấy được. Bản chất của chùm tia laser là chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng rất ngắn và góc phân kỳ rất nhỏ (các tia laser trong chùm laser hầu như song song với nhau). Bước sóng phụ thuộc vào vật liệu laser. Những tính chất này cho phép tập trung chùm tia laser lại trên một điểm (diện tích) rất nhỏ nhờ sử dụng thấu kính quang học thông thường và tạo ra mật độ năng lượng cao. Phụ thuộc vào năng lượng chứa trong chùm tia laser mà tại điểm tập trung có thể tạo ra năng lượng rất lớn, đốt cháy và bốc hơi vật liệu gia công. Sơ đồ cấu trúc được minh họa như Hình 7.11.



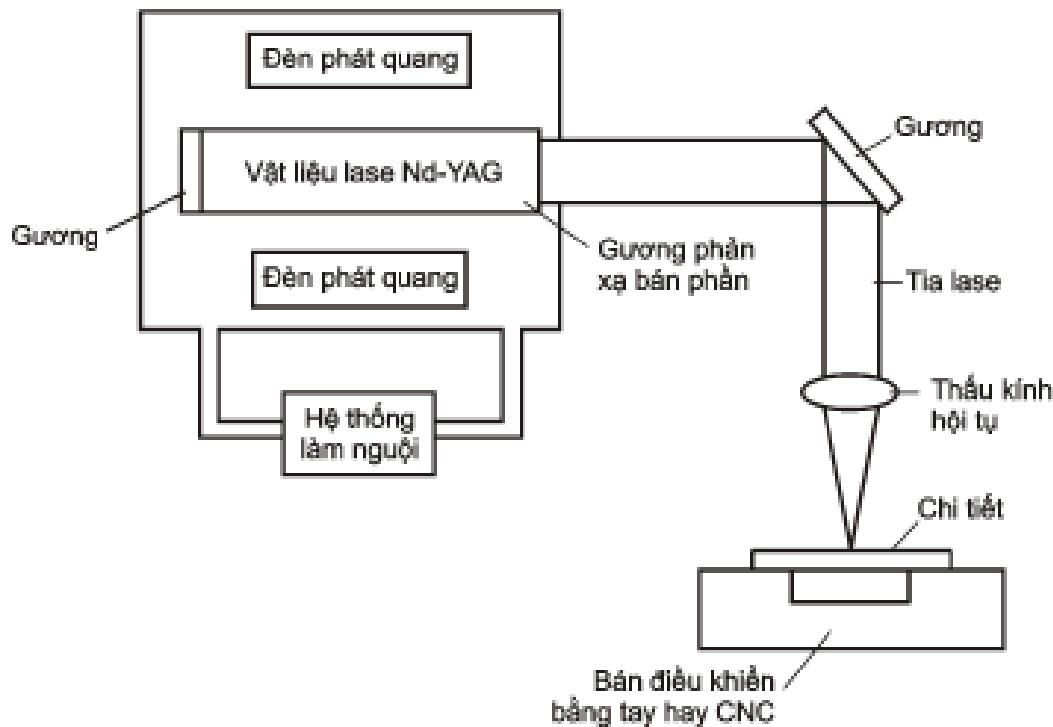
Hình 7.11 Gia công bằng tia Laser

Các dạng Laser được dùng trong gia công thường dùng là laser khí ( $\text{CO}_2$ ) và Laser rắn (Nd-YAG thường gọi là Hồng ngọc).

Nguồn năng lượng ánh sáng sinh ra từ vật liệu laser thường gọi là bơm quang học (optical pumping). Dưới đây ta khảo sát sơ đồ cấu trúc của bơm quang học từ hai loại Laser điển hình đó là Laser rắn và Laser khí.

### *Bơm quang học của Lase trạng thái rắn*

Cấu hình của hệ thống cắt bằng laser trạng thái rắn Nd-YAG được minh họa trên Hình 7.12.



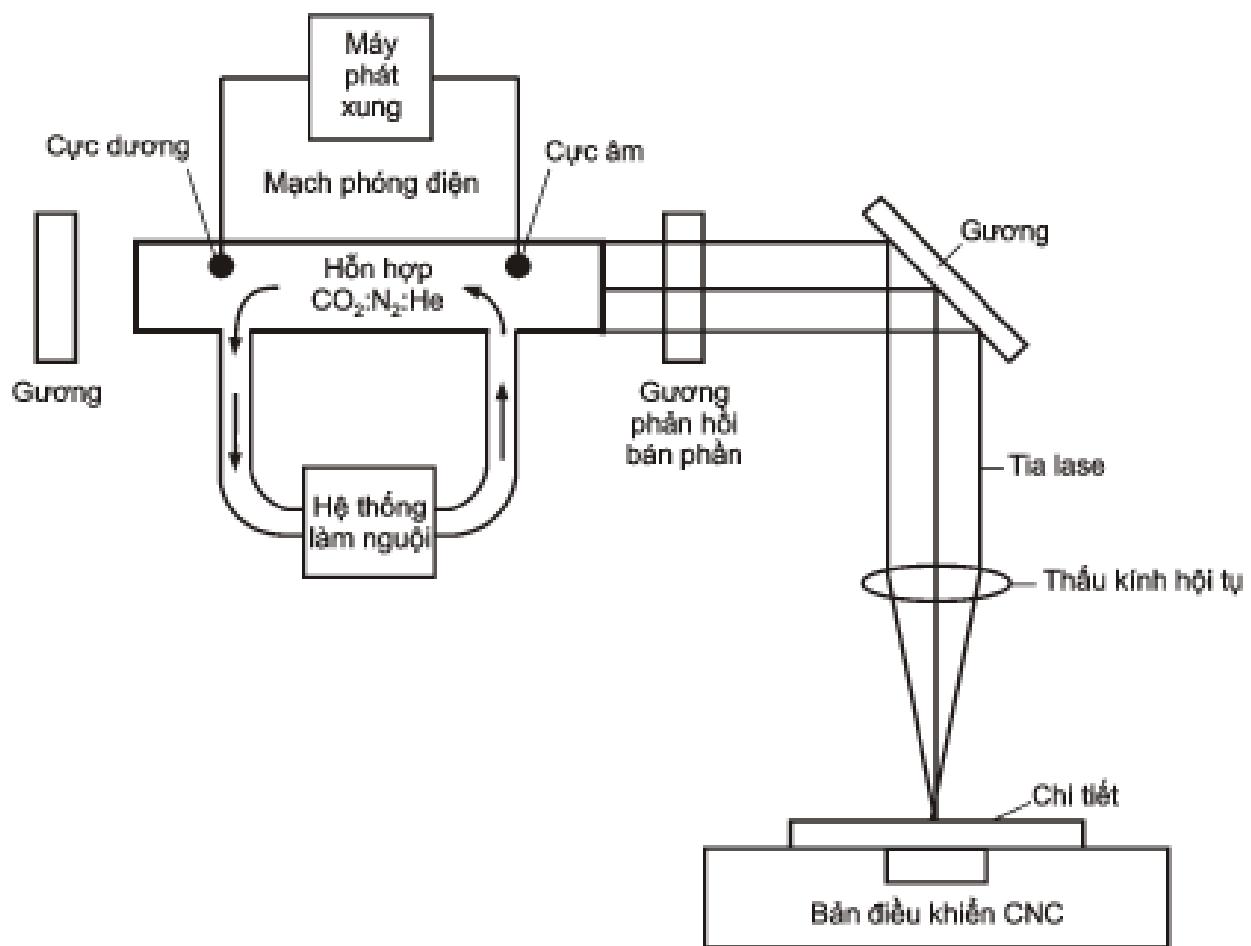
*Hình 7.12 Bơm quang học của vật liệu laser trạng thái rắn*

### *Bơm quang học của Lase trạng thái khí (Hình 7.13)*

Gia công bằng Laser thường được ứng dụng cho khoan, tạo rãnh, lấy dầu. Khoan những đường kính nhỏ xấp xỉ 0,025 mm đến 0,5 mm. Thông thường Laser được sử dụng cho những vật liệu mỏng. Vật liệu có thể gia công bằng Laser là hầu như không hạn chế.

Những tính chất cơ lý của vật liệu ứng dụng phương pháp Laser để gia công:

Hấp thụ năng lượng ánh sáng cao, phản xạ năng lượng thấp, dẫn nhiệt tốt.



*Hình 7.13 Bơm quang học của vật liệu lase trạng thái khí*

## 7.5 GIA CÔNG BẰNG HÓA

### 7.5.1 Gia công hóa (CM)

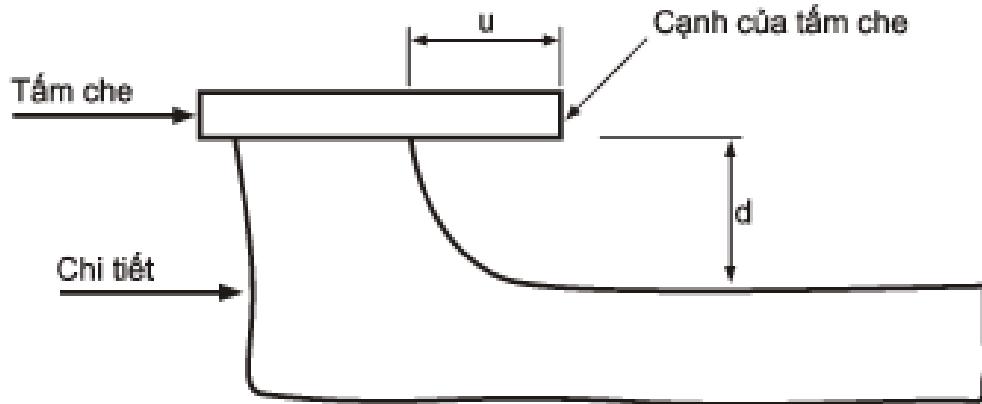
Gia công hóa đã được phát triển trên cơ sở tác dụng hóa chất lên kim loại và khắc chung. Bằng cách đó, một lượng nhỏ vật liệu được tách ra từ bề mặt. Quá trình này được tiến hành bằng hóa tan hóa học. Chất hóa tan thường dùng là dung dịch a xít hoặc kiềm.

Gia công hóa học là phương pháp gia công không truyền thống lâu đời nhất nó thường được dùng để khắc lên kim loại hoặc đá cứng, dùng trong làm mòn các cạnh sắc bavia và gần đây trong sản xuất các bo mạch in cũng như vi mạch.

### 7.5.2 Phương pháp khía (chemical milling)

Trong phương pháp này, các hốc cạn trên các bề mặt chi tiết dạng tấm, các chi tiết dập, mục đích thông thường để giảm trọng lượng, ví dụ như Vò bọc tên lửa được gia công bằng khía hóa học để cải thiện quan hệ độ cứng - trọng lượng.

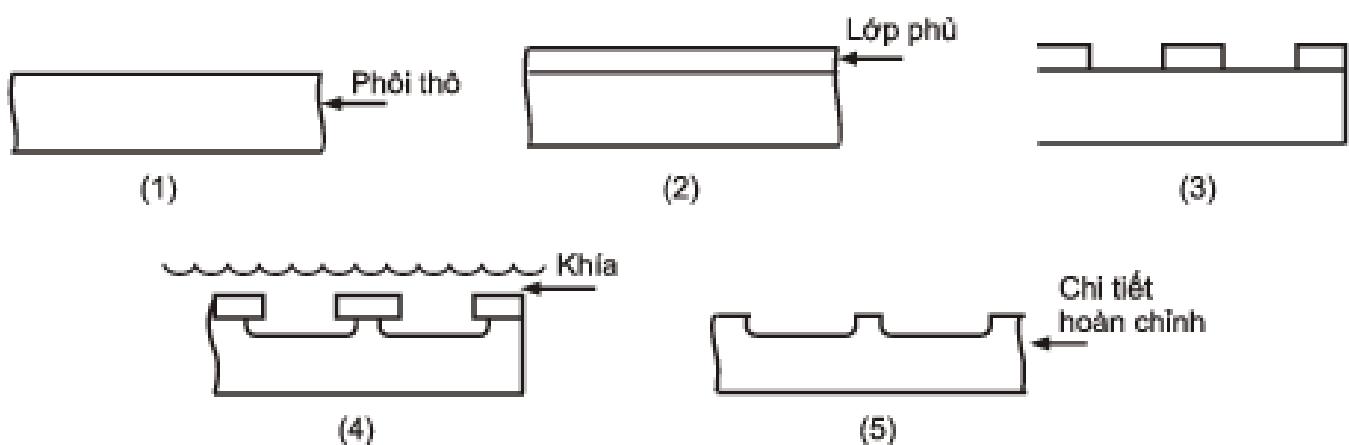
Quá trình này có thể dùng để gia công đối với nhiều kim loại khác nhau, với chiều sâu gia công có thể đạt 12 mm. Sự hòa tan có chọn lọc của các chất hóa học lên những diện tích khác nhau của bề mặt chi tiết nhờ chất phủ mà trong thực tế thường gọi là phương pháp che hoặc ta nhúng một phần chi tiết vào dung dịch hóa chất.



**Hình 7.14 Độ sâu cắt khi gia công hóa**

Thủ tục tiến hành phương pháp khia như sau:

1. Nếu chi tiết được gia công có ứng suất dư từ quá trình trước. Ứng suất dư này cần được khử bỏ để ngăn ngừa cong vênh sau khi gia công hóa
2. Các bề mặt cần được tẩy nhòn và làm sạch chu đáo để đảm bảo kết dính tốt của vật liệu phủ và tách vật liệu được đồng nhất. Các cặn bẩn của quá trình xử lý nhiệt cũng phải được loại bỏ
3. Vật liệu phủ được dùng
4. Bề mặt không được phủ sẽ được dung dịch hóa học tác dụng, khi gia công nhôm ta dùng hydroxit natri, khi gia công thép thường dùng axit clo hoặc axit nitric. Khi gia công thép không rỉ dùng clorua sắt. Điều khiển nhiệt độ và khuấy trong quá trình khia là quan trọng để đạt được đồng nhất chiều sâu vật liệu được tách ra.
5. Sau khi gia công, chi tiết phải được rửa cẩn thận để ngăn phản ứng với chất hóa học còn sót lại.
6. Chất phủ được loại bỏ, sau đó chi tiết được rửa sạch và kiểm tra.
7. Trình tự này được lặp lại khi sản xuất các bề mặt khác trên chi tiết.



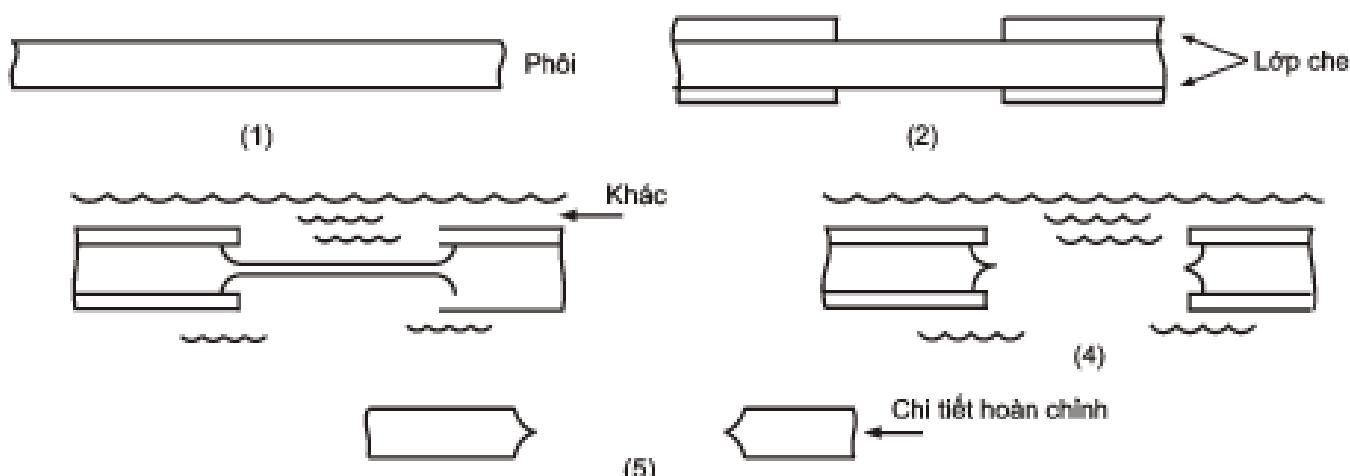
**Hình 7.15 Sơ đồ minh họa của quá trình khia hóa học**

### *Kỹ năng của quá trình gia công*

Phương pháp khia được dùng trong ngành công nghiệp hàng không để tách vật liệu của những bề mặt lõm có chiều sâu nhỏ từ những chi tiết có bề rộng lớn như vỏ của thân máy bay. Kích thước của bề mặt gia công có thể rộng tới  $3700 \times 15000$  (mm). Trong quá trình gia công không có lực cắt. Trong quá trình gia công, bề mặt gia công có thể bị ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của lớp bề mặt do tác dụng hóa học không đồng nhất đối với cấu trúc tinh thể. Khi gia công các cấu trúc hàn có thể xảy ra tình trạng tách vật liệu không đều tại những vị trí khác nhau trên bề mặt gia công. Gia công các vật liệu đúc có thể xuất hiện bề mặt không bằng phẳng gây ra bởi sự không đồng nhất trong cấu trúc.

#### 7.5.2 Phương pháp tạo khoảng trống (Chemical blanking)

Phương pháp tạo khoảng trống tương tự như tạo khoảng trống trong nguyên công dập cắt. Phương pháp này dùng để tạo ra hình dáng khoảng trống trên vật liệu tấm. Ứng dụng điển hình của phương pháp này là tạo các mạch in, các hình trang trí trên các vật liệu tấm.



*Hình 7.16 Các bước gia công bằng tạo khoảng trống (chemical blanking)*

#### 7.5.3 Phương pháp tạo khoảng trống bằng quang hóa (Photochemical blanking)

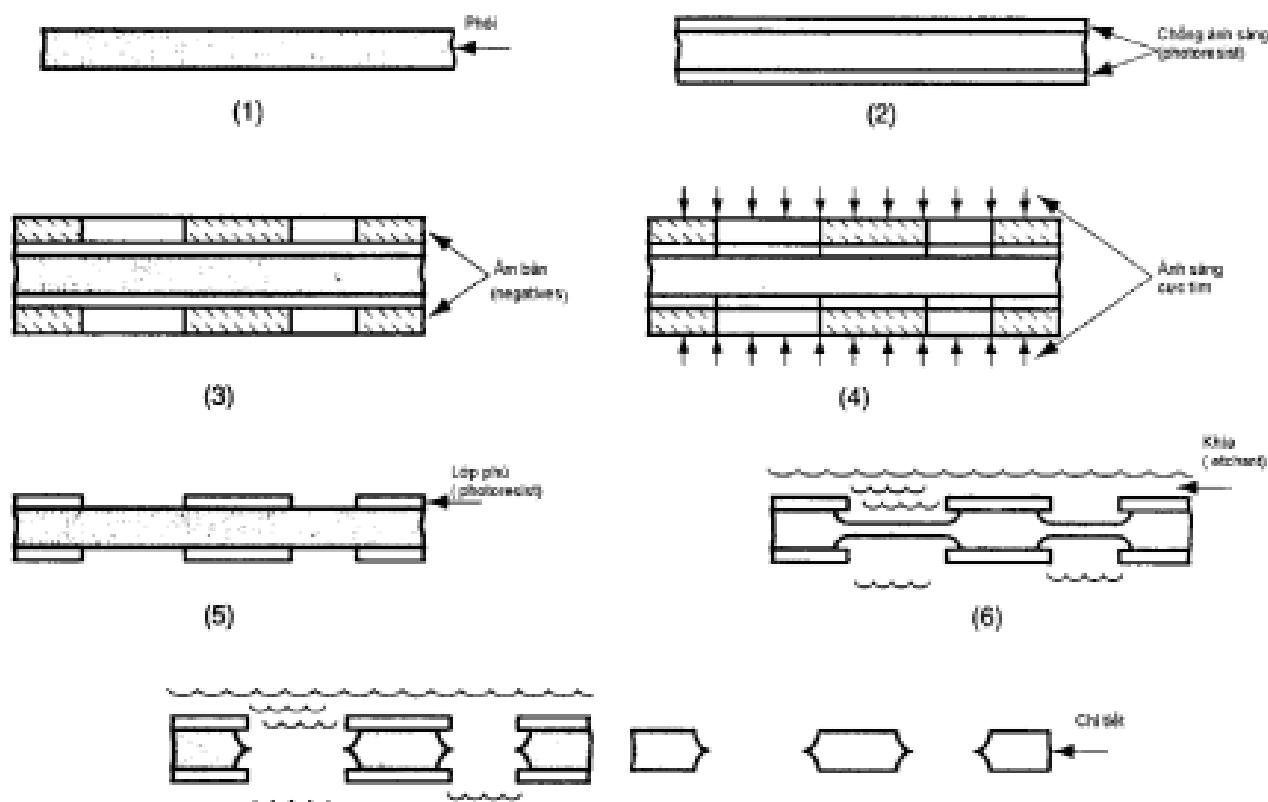
Phương pháp này là sự cải biến của phương pháp khia hóa học hay còn gọi là phương pháp gia công bằng quang hóa. Vật liệu được tách ra thường từ những vật liệu dạng tấm phẳng và rất mỏng bằng kỹ thuật chụp ảnh. Những hình dạng phức tạp có thể được tạo ra trên kim loại tấm có chiều dày mỏng đến 0,0025 mm. Phương pháp này đôi lúc còn gọi là photochemical machining.

Thứ tự gia công bằng quang hóa gồm những bước như sau:

1. Thiết kế chi tiết sẽ được gia công bằng quang hóa sẽ được phóng đại lên khoảng 100 lần (mục đích để hoàn thiện thiết kế từ hình phóng đại). Sau đó tạo âm bản và đưa về kích thước gia công mong muốn.
2. Vật liệu gia công được phủ vật liệu nhạy cảm quang bằng nhung, phun hoặc lăn và sau đó làm khô.

3. Âm bản được phủ lên phôi đã được phủ lớp vật liệu cảm quang. Dưới tác dụng của ánh sáng những vùng vật liệu cần gia công sẽ được bóc đi còn vùng không cần gia công sẽ được giữ nguyên.
4. Sau đó, phôi được nhúng vào bể hóa chất và ăn mòn giống như phương pháp khía hóa học.
5. Vật liệu phủ và chi tiết sẽ được làm sạch hoàn toàn.

Các bước trên được thể hiện như Sơ đồ 7.17.



**Hình 7.17** Trình tự các bước gia công bằng quang hóa

#### *Khả năng của quá trình*

Ứng dụng điển hình là gia công các mạch in, các tấm kim loại mỏng trong động cơ điện, các lò xo phẳng. Mặc dầu tay nghề của người lao động là cần thiết nhưng giá thành sản xuất thấp. Quá trình có thể tự động và đưa lại hiệu quả kinh tế khi sản xuất với loạt vừa và lớn.

Phương pháp này có thể gia công các chi tiết rất nhỏ mà các phương pháp truyền thống khó thực hiện.

#### **7.5.4 Những đặc điểm thiết kế khi gia công hóa**

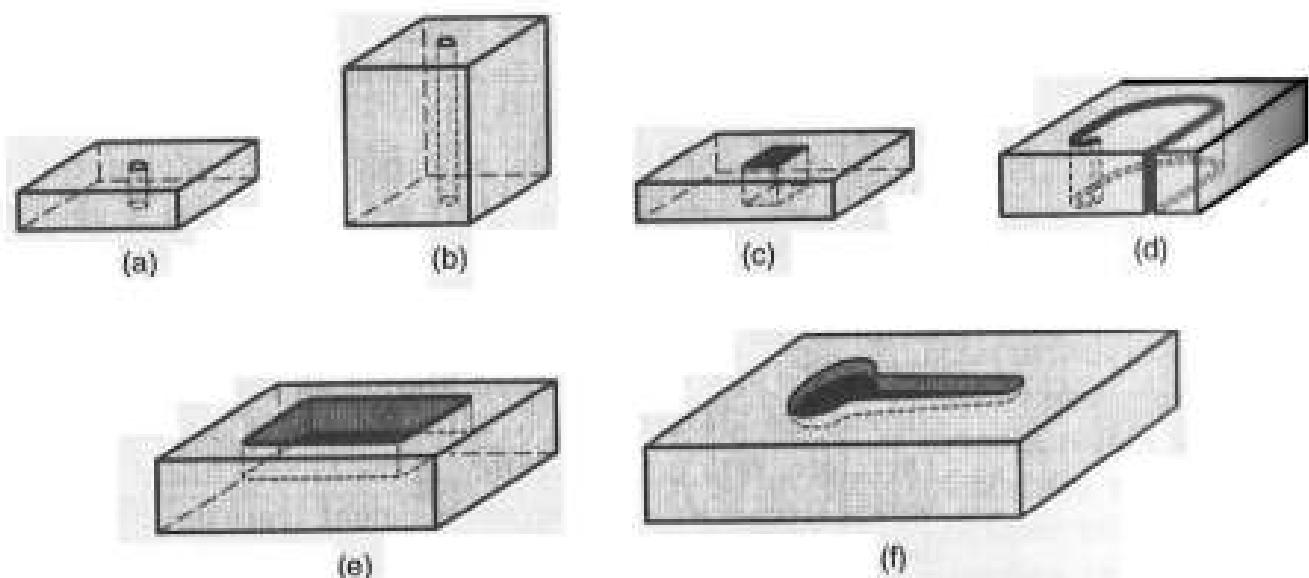
- a. Vì tác dụng của hóa chất vào những phần không được che đậy xảy ra liên tục, do vậy trên chi tiết không nên có những góc nhọn, những rãnh hẹp và sâu, các mặt côn yêu cầu khắt khe, những đường gấp, những vật liệu xốp.

- b. Vì tác dụng hóa học xảy ra cả phương ngang và phương đứng, do đó hiện tượng cắt quá có thể xảy ra.
- c. Để cải tiến về mặt năng suất nên chọn các phương pháp gia công truyền thống.

## 7.6 NHỮNG ỨNG DỤNG THỰC TẾ

Những ứng dụng điển hình của các quá trình gia công không truyền thông là dùng để gia các chi tiết với những đặc trưng hình học và vật liệu không thuận lợi khi gia công bằng các kỹ thuật truyền thống. Trong phần này, chúng ta sẽ khảo sát những vấn đề này.

**Tính chất hình học của chi tiết.** Một vài hình dạng bề mặt đặc biệt thích hợp cho việc gia công bằng các phương pháp gia công không truyền thông, các bề mặt này có các đặc điểm sau:



**Hình 7.18** Nhũng bề mặt trên chi tiết thích hợp dùng các phương pháp  
gia công không truyền thông

- a) Đường kính lỗ rất nhỏ: thường từ 0,125 đến 0,025mm. Phương pháp LBM thậm chí còn gia công những lỗ đường kính còn nhỏ hơn 0,025 mm.
- b) Những lỗ có tỉ lệ chiều sâu với đường kính lớn ( $L/D$ ) > 20: Ngoại trừ khoan nòng súng, những lỗ này không thể gia công được trên máy khoan truyền thống. Những phương pháp như ECM hay EDM thường được dùng để gia công các lỗ sâu này.
- c) Những lỗ không tròn: Vì lỗ không tròn nên không thể khoan bằng phương pháp thông thường. EDM và ECM thường được dùng đối với những trường hợp này.
- d) Những rãnh hẹp không thẳng: Để cắt các rãnh hẹp trên các tấm mỏng của các loại vật liệu khác nhau. Trong những trường hợp này, ta thường dùng một trong các phương pháp EBM, LBM, WEDM, cắt bằng tia nước hoặc tia nước hạt mài.
- e) Những hố, hốc.
- f) Những lỗ khuôn.

**Vật liệu gia công** Các phương pháp gia công không truyền thống có thể ứng dụng cho hầu hết vật liệu từ kim loại đến phi kim loại. Tuy nhiên có một số phương pháp không thích hợp khi gia công một số vật liệu nhất định. Bảng 7.3 tổng kết lại khả năng ứng dụng của các phương pháp gia công không truyền thống đối với những vật liệu khác nhau.

**Bảng 7.3 Mức độ ứng dụng của các phương pháp gia công không truyền thống đối với các vật liệu khác nhau**

Vật liệu gia công	Các phương pháp gia công không truyền thống						
	Năng lượng cơ (Mech)		Năng lượng Điện (Elec)	Năng lượng nhiệt (Thermal)			Năng lượng Hóa (Chem)
	USM	WJC	ECM	EDM	EBM	LBM	CHM
Nhôm	C	C	B	B	B	B	A
Thép	B	D	A	A	B	B	A
Hợp kim đặc biệt	C	D	A	A	B	B	B
Gỗ	A	D	D	D	A	A	C
Thủy tinh	A	D	D	D	B	B	B
Chất dẻo	B	B	D	D	B	B	C
Vải, da	D	A	D	D	-	-	D

Ở đây: A: Ứng dụng tốt; B: Ứng dụng khá; C: Ứng dụng kém; D: Không ứng dụng

Phương pháp gia công không truyền thống có đặc điểm chung là năng suất gia công thấp, tiêu hao năng lượng riêng lớn so với phương pháp gia công truyền thống. Khả năng gia công về kích thước, độ chính xác và độ bóng bề mặt thay đổi trong phạm vi rộng, với một vài phương pháp cho độ chính xác và độ nhẵn bóng cao, một số phương pháp thì ngược lại. Một số phương pháp gây ra biến đổi cấu trúc của bề mặt gia công như các phương pháp sử dụng năng lượng nhiệt. Nhìn chung các phương pháp gia công không truyền thống sử dụng khi dùng các phương pháp gia công truyền thống không hiệu quả về kinh tế cũng như khả năng thực tế.

**Câu hỏi ôn tập Chương 7**

- 1) Phân loại các phương pháp gia công không truyền thông dựa trên cơ sở nào
- 2) Kê tên các phương pháp cho mỗi nhóm năng lượng được dùng
- 3) Tại sao nói các phương pháp gia công không truyền thông là quan trọng?
- 4) Nguyên lý làm việc của phương pháp gia công bằng siêu âm (vẽ hình minh họa)
- 5) Mô tả quá trình gia công bằng tia nước, tia nước – hạt mài
- 6) Thế nào là gia công điện hóa, nó có ưu và nhược điểm gì, vẽ sơ đồ minh họa .
- 7) Mô tả phương pháp gia công bằng tia lửa điện, trình bày phương pháp cắt dây bằng tia lửa điện (nguyên lý làm việc và vẽ hình minh họa)
- 8) Trình bày phương pháp gia công bằng chùm tia laze (vẽ sơ đồ cho trường hợp laze rắn và laze khí)
- 9) Kê tên bốn bước chính của quá trình gia công hóa
- 10) Lấy một ví dụ cụ thể và trình bày các bước khi gia công bằng quang hóa (photochemical machining).

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Trần Doãn Sơn, Kỹ thuật chế tạo, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP HCM.
- [2] Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing, John Wiley& Sons, Inc., fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Serope Kapakjian, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, Sixth Edition in SI Units, Prentice Hall.

# Chương 8

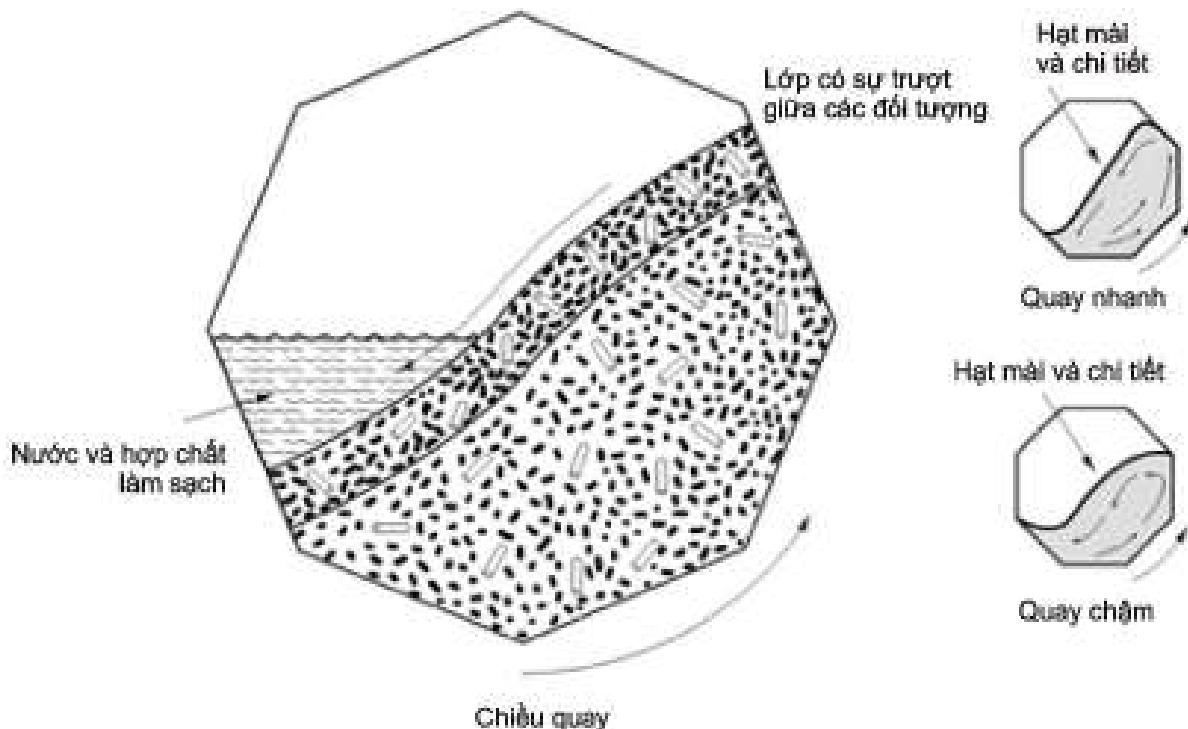
## CÁC PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT SẢN PHẨM

### 8.1 CÁC QUÁ TRÌNH LÀM SẠCH

#### 8.1.1 Làm sạch bằng cơ khí

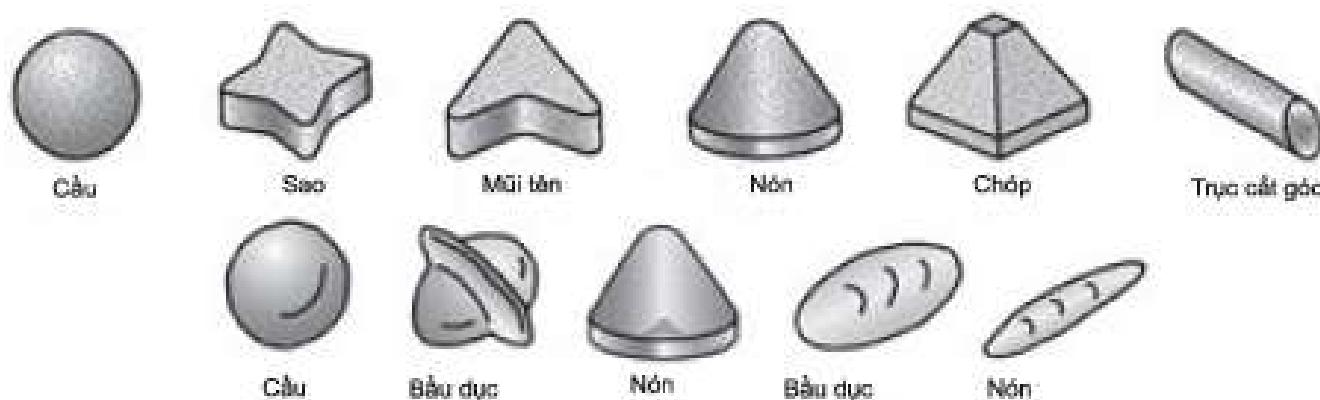
##### a) *Làm sạch bằng thùng quay*

Làm sạch bằng thùng quay là một phương pháp làm sạch hiệu quả số lượng lớn các chi tiết có kích thước nhỏ. Các chi tiết cần làm sạch và các hạt mài được trộn với nhau và quay tròn trong thùng quay cho đến khi độ sạch đạt yêu cầu. Phương pháp này thường dùng để làm sạch bavia, làm sạch cặn bám, loại bỏ gi, đánh bóng, làm sáng, hoặc chuẩn bị cho nguyên công lắp ráp về sau.

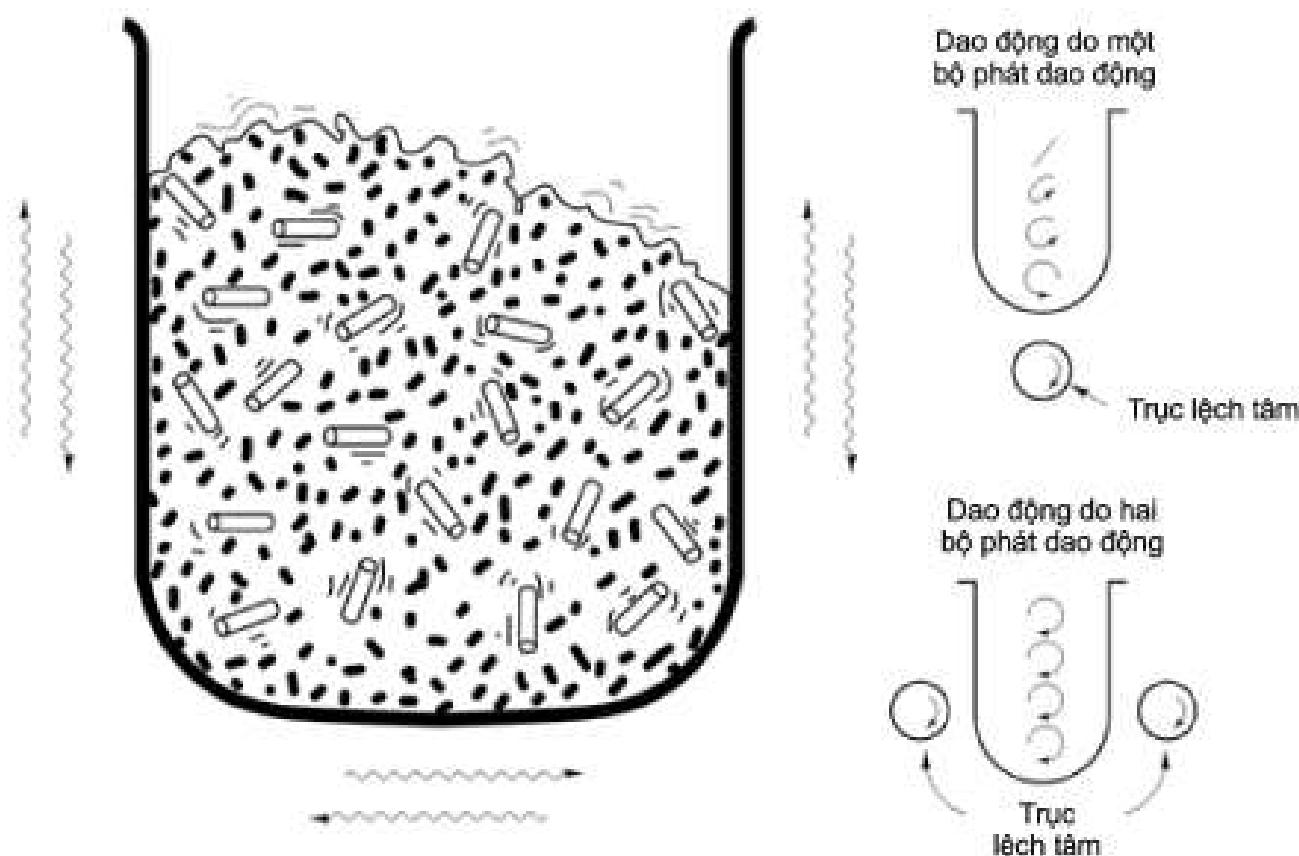


*Hình 8.1 Sơ đồ nguyên lý của phương pháp làm sạch bằng thùng quay*

Hạt mài tự nhiên và tổng hợp có kích cỡ và hình dạng như mô tả trong Hình 8.2 được dùng để làm sạch các chi tiết phức tạp.

*Hình 8.2 Hình dạng các hạt mài***b) Làm sạch bằng rung động**

Nguyên lý của phương pháp được mô tả trong Hình 8.3. Khác với phương pháp làm sạch bằng thùng quay ở chỗ thùng chứa hở và nó rung với tần số thích hợp. Thường tần số và biên độ dao động được xác định dựa vào hình dạng, kích thước và vật liệu cần làm sạch cũng như loại hạt mài được dùng.

*Hình 8.3 Nguyên lý làm việc của phương pháp làm sạch bằng rung động*

Ngoài ra các phương pháp khác như dùng giấy nhám băng, bàn chải, các loại bánh vải cũng được dùng làm sạch các chi tiết có hình dạng và kích thước thích hợp.

### 8.1.2 Các phương pháp làm sạch bằng hóa học

Các phương pháp làm sạch bằng hóa học dùng để loại bỏ dầu, bụi bẩn, hoặc các vật liệu lơ khích có thể bám dính vào bề mặt của sản phẩm, để chuẩn bị cho việc sơn hoặc mạ tiếp theo. Trong khi mỗi quan tâm chính với các phương pháp cơ khí thường là các hạt, thì các phương pháp hóa học thường yêu cầu xử lý các chất độc hại hoặc không thân thiện với môi trường.

Lựa chọn phương pháp làm sạch phụ thuộc vào chi phí của thiết bị, điện, vật liệu làm sạch, bảo trì và lao động, cộng với chi phí tái chế và xử lý vật liệu. Các quy trình cụ thể sẽ phụ thuộc vào số lượng các chi tiết cần được xử lý, cấu hình, vật liệu, độ nhám bề mặt mong muốn.

#### a) *Làm sạch bằng kiềm*

Làm sạch bằng kiềm về cơ bản là phương pháp dùng “xà phòng và nước” để loại bỏ nhiều loại chất bẩn (bao gồm dầu, mỡ, sáp, các hạt kim loại và bụi bẩn mịn) từ bề mặt kim loại.

Chất tẩy rửa thường là các dung dịch phức tạp của muối kiềm, chất phụ gia để tăng cường khả năng làm sạch hoặc làm giảm khả năng bám dính của các vết bẩn.

Việc làm sạch thực tế xảy ra do kết quả của một hoặc nhiều các quá trình sau đây:

- (1) Xà phòng hóa, phản ứng hóa học của chất béo và các hợp chất hữu cơ với các muối kiềm;
- (2) Dịch chuyển, trong trường hợp này là nâng các hạt bụi hoặc vết bẩn lên khỏi bề mặt kim loại;
- (3) Phân tán hoặc nhũ tương hóa các chất lỏng không hòa tan;
- (4) Phá hủy các oxit kim loại.

Làm sạch bằng kiềm có thể được áp dụng bằng cách ngâm hoặc phun và chúng thường được gia nhiệt để tăng tốc quá trình làm sạch. Sau đó, sản phẩm được rửa sạch bằng nước để loại bỏ tất cả dư lượng của dung dịch làm sạch, cũng như loại bỏ một lượng nhỏ các vết bẩn còn lại.

#### b) *Làm sạch bằng dung môi*

Trong làm sạch bằng dung môi, dầu, mỡ, chất béo và các chất khác được loại bỏ bằng cách hòa tan chúng trong dung môi hữu cơ ở nhiệt độ phòng. Các dung môi phổ biến bao gồm các sản phẩm chưng cất dầu mỏ, (chẳng hạn như methylene chloride và trichloroethylene) và các chất lỏng như axeton, benzen, toluen. Các chi tiết nhỏ thường được làm sạch bằng cách ngâm hoặc phun. Các sản phẩm quá lớn có thể được làm sạch bằng cách phun hoặc lau. Quá trình này khá đơn giản và chi phí thiết bị khá thấp.

Cách làm sạch này phù hợp để làm sạch các chi tiết lớn, sản phẩm nhạy cảm với nhiệt, vật liệu có thể phản ứng với các dung dịch kiềm (như nhôm, chì, và kẽm), và các sản phẩm có chứa chất gây ô nhiễm hữu cơ như nhựa thông dung trong hàn hoặc bút sáp màu.

### c) *Làm sạch bằng hơi dung môi*

Trong phương pháp này, hơi của dung môi clo hoặc flo được sử dụng để loại bỏ dầu, mỡ và sáp ra khỏi các sản phẩm kim loại. Một dung môi không cháy, như trichloroethylene, được đun nóng đến điểm sôi của nó và các bộ phận cần được làm sạch được treo trong vùng có chứa hơi.

Hơi sau quá trình làm sạch được ngưng tụ lại và các chất ô nhiễm hòa tan trở lại vào dung môi lỏng. Tẩy bằng hơi hiệu quả hơn là làm sạch dung môi lạnh, vì các bề mặt luôn đi vào và tiếp xúc với dung môi sạch. Vì các bề mặt bị nóng lên bởi hơi dung môi, chúng gần như khô ngay lập tức khi chúng được rút ra khỏi hơi.

### d) *Làm sạch bằng siêu âm*

Các quá trình làm sạch yêu cầu chất lượng cao cho các bộ phận nhỏ có thể dùng phương pháp làm sạch bằng siêu âm. Ở đây, bộ phận được treo hoặc đặt trong giò hớt, sau đó được đặt trong một bồn chứa chất làm sạch hòa tan trong nước. Trong bồn có chứa một đầu siêu âm hoạt động ở một tần số có thể gây ra sự tạo bọt trong chất lỏng. Các bong bóng hình thành và nổ tung tạo thành các hoạt động làm sạch và nếu kết hợp với việc loại bỏ bụi bẩn, dầu mỡ trước khi ngâm, thời gian làm sạch cần thiết chỉ từ 60 đến 200 giây. Trong hầu hết các hệ thống làm sạch, tần số siêu âm ở giữa 10 và 40 kHz. Đây là phương pháp làm sạch thân thiện với môi trường.

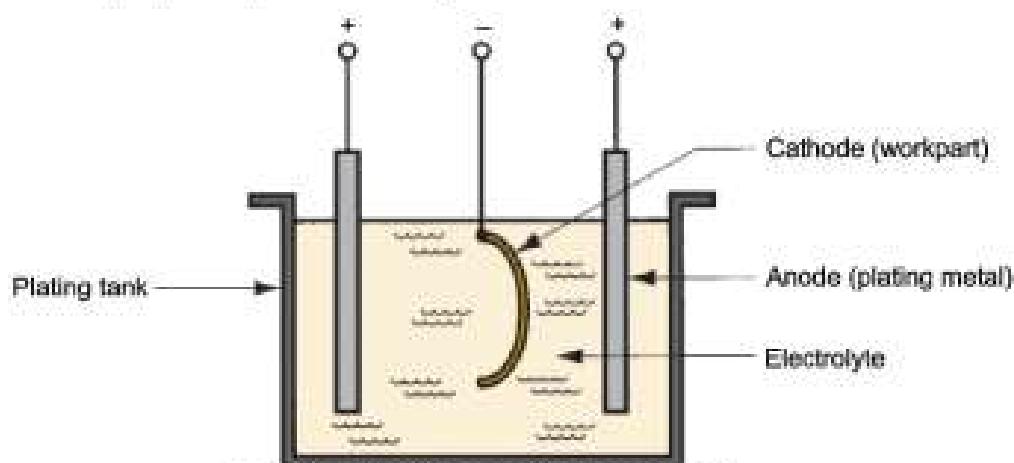
### e) *Làm sạch bằng axit*

Trong quá trình làm sạch bằng axit, các chi tiết kim loại đầu tiên được làm sạch để loại bỏ dầu và các tạp chất khác và sau đó nhúng vào dung dịch axit loãng để loại bỏ các oxit và bụi bẩn còn sót lại trên bề mặt chúng. Dung dịch axit phổ biến nhất là axit sulfuric 10%. Sau khi các bộ phận được lấy ra khỏi bồn ngâm, chúng phải được rửa sạch để loại bỏ dư lượng axit từ bề mặt và sau đó nhúng trong một bồn chứa kiềm để ngăn ngừa gi.

## 8.2 MẠ

### 8.2.1 Mạ điện

Quá trình mạ điện được mô tả trong Hình 8.4.



*Hình 8.4 Nguyên lý quá trình mạ điện*

Trong đó, chi tiết cần mạ được gắn với cực âm, kim loại mạ gắn với cực dương của nguồn điện trong dung dịch điện môi. Cực dương của nguồn điện sẽ hút các electron  $e^-$  trong quá trình *oxy hóa* và giải phóng các ion kim loại dương, dưới tác dụng lực tĩnh điện các ion dương này sẽ di chuyển về cực âm, tại đây chúng nhận lại  $e^-$  trong quá trình *oxy hóa* khử hình thành lớp kim loại bám trên bề mặt của vật được mạ. Độ dày của lớp mạ tỉ lệ thuận với cường độ dòng điện của nguồn và thời gian mạ.

Trước khi mạ cần thực hiện các công việc sau:

- Gia công tinh bề mặt;
- Làm sạch bao gồm sạch dầu, gi...
- Hoạt hóa bề mặt giúp tăng độ bám lớp mạ.

### 8.2.2 Mạ nhúng kẽm nóng

Mạ nhúng kẽm nóng là mạ nhúng trong dung dịch kim loại nóng chảy. Mạ nhúng kẽm nóng được ưa chuộng và sử dụng rộng rãi nhất các chi tiết tiếp xúc trực tiếp với môi trường. Quá trình hình thành lớp mạ kẽm như sau: chi tiết kim loại được nhúng trong kẽm nóng chảy, trên bề mặt kim loại hình thành lớp mạ kẽm tinh khiết.

Mạ nhúng kẽm nóng là phương pháp đồng thời cung cấp được hai phương pháp bảo vệ chống ăn mòn đó là bảo vệ rào chắn và bảo vệ cathode. Thứ nhất là chức năng bảo vệ thụ động (passive protection) với lớp màng chắn bảo vệ kim loại như các loại sơn truyền thống; Chức năng thứ hai là bảo vệ chủ động (active protection) tức chức năng chống ăn mòn catôt (Cathodic protection), chức năng này có ở lớp phủ bảo vệ bằng mạ kẽm nhúng nóng (hot-dip galvanizing).

Mạ nhúng kẽm nóng ứng dụng:

- Phục hồi các chi tiết bị mài mòn: làm mới bề mặt sản phẩm khi bị tác động của các yếu tố môi trường.
- Tạo lớp bền chống mài mòn trên các chi tiết mới.
- Tạo lớp trang trí trên lớp nhựa, gỗ...
- Phổ biến nhất vẫn là tạo lớp kẽm, nhôm chống ăn mòn trong các điều kiện khác nhau.

Tùy theo công nghệ cụ thể, tuy nhiên nhìn chung quá trình mạ nhúng kẽm nóng thực hiện các bước sau đây:

#### Bước 1: Tẩy nhờn

Trong quá trình gia công, bảo quản các chi tiết luôn có một lượng dầu mỡ và các tạp chất bám trên bề mặt chi tiết. Nếu không tẩy rửa hoặc tẩy rửa không triệt để lớp dầu mỡ và tạp chất này, lớp kẽm mạ nhúng nóng sẽ không bám hoặc bám không bền.

#### Bước 2: Rửa sạch

#### Bước 3: Tẩy ri

Nhằm mục đích tẩy phần lớn phần rỉ sét trên bề mặt chi tiết. Bề này là dung dịch acid clohydric (HCl) trong nước có nồng độ cao và được cho vào một lượng nhỏ chất phụ gia có tác dụng kìm hãm acid ăn mòn nền thép và hạn chế acid bay hơi.

**Bước 4:** Rửa sạch

Nhằm mục đích rửa sạch acid và clorua sắt hình thành trong quá trình tẩy rỉ khỏi chi tiết.

**Bước 5:** Xử lý hóa chất

Nhằm mục đích bảo vệ bề mặt chi tiết không bị oxy hóa (tạo rỉ) lại trong quá trình sấy và tăng mức độ thẩm ướt của kẽm lên bề mặt chi tiết khi mạ nhúng.

**Bước 6:** Sấy khô

Nhằm mục đích cho chi tiết bóc phần lớn hơi nước để khi dàn chi tiết vào bề nhúng kẽm không bị bẩn tung tóe và bước sấy khô còn nhằm mục đích gia nhiệt sơ bộ cho chi tiết trước khi chuyển sang nhúng kẽm.

**Bước 7:** Nhúng kẽm

Nhúng sản phẩm trong khoảng 2-5 phút tùy theo trọng lượng (tùy theo trọng lượng nhúng) nhiệt độ 440 - 450°C.

**Bước 8:** Làm nguội

**Bước 9:** Dung dịch thụ động

Nhằm mục đích tạo độ bám chặt lớp kẽm phủ trên bề mặt sản phẩm. Tăng khả năng chịu lực va đập, bền vững của lớp mạ.

### 8.3 PHỦ OXYT

Phủ hóa học để cung cấp đến một họ các quá trình trong đó một màng mỏng oxit phốt pho hoặc crôm được hình thành trên bề mặt kim loại bằng phản ứng hóa học hoặc điện hóa. Ngâm và phun là hai phương pháp phổ biến cho các hóa chất phản ứng với bề mặt kim loại. Các vật liệu chủ yếu được xử lý bằng phương pháp này là thép, nhôm và kẽm.

Những lý do quan trọng để sử dụng phương pháp này là:

- (1) Để cung cấp lớp bảo vệ chống ăn mòn
- (2) Để chuẩn bị bề mặt cho quá trình sơn
- (3) Để chống ăn mòn hóa học
- (4) Để cho phép bề mặt để giữ chất bôi trơn tốt hơn cho quá trình tạo hình kim loại,
- (5) Để tăng điện trở bề mặt. Hai phương pháp được dùng chủ yếu là: phương pháp hóa học và a nôt hóa.

### 8.3.1 Phương pháp hóa học

Các quá trình này kim loại cơ bản phản ứng với một số hóa chất tạo thành bề mặt mỏng, phi kim loại. Các phản ứng tương tự xảy ra trong tự nhiên; quá trình oxy hóa sắt và nhôm là những ví dụ. Trong khi giiset hóa hùy thép, sự hình thành lớp mỏng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  phủ trên nhôm lại bảo vệ lớp nhôm cơ bản. Đó là mục đích của các phương pháp xử lý hóa học để đạt được hiệu quả. Hai quá trình chính là phosphate và mạ crôm.

Lớp phủ photphat biến đổi bề mặt kim loại cơ bản thành một phosphate bảo vệ phim bằng cách tiếp xúc với các dung dịch của một số muối phosphate nhất định (ví dụ: Zn, Mg và Ca) cùng với axit phosphoric loãng ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Các lớp phủ có độ dày từ 0,0025 đến 0,05 mm. Các kim loại cơ bản phổ biến nhất là kẽm và thép, kè cá thép mạ kẽm. Lớp phủ photphat phục vụ như là một sự chuẩn bị hữu ích cho quá trình sơn trong các ngành công nghiệp nặng và thiết bị ô tô.

Lớp phủ Chromate chuyển đổi kim loại cơ bản thành các lớp mỏng cromat khác nhau sử dụng dung dịch axit cromic, muối cromat và các hóa chất khác. Kim loại được xử lý bằng phương pháp này bao gồm nhôm, cadmium, đồng, magiê, và kẽm (và các hợp kim của chúng). Lớp phủ này có được bằng cách ngâm kim loại nền vào dung dịch axit cromic, muối cromate. Lớp phủ chuyển đổi Chromate hơi mỏng hơn phosphate, thường nhỏ hơn 0,0025 mm. Lý do thông thường cho mạ crôm là (1) bảo vệ chống ăn mòn, (2) cơ sở cho sơn, và (3) mục đích trang trí.

### 8.3.2 Anot hóa

Hai quá trình trước được thực hiện mà không cần điện phân, anot hóa lại là phương pháp điện phân tạo ra một lớp oxit ổn định trên bề mặt kim loại. Ứng dụng phổ biến nhất của nó là với nhôm và magiê, nhưng nó cũng được áp dụng cho kẽm, titan. Lớp phủ anod hóa được sử dụng chủ yếu cho mục đích trang trí; bảo vệ chống ăn mòn.

Điểm khác trong phương pháp anot hóa và mạ điện là: Trong mạ điện hóa, chi tiết được phủ là catôt trong phản ứng. Ngược lại, trong anot hóa, chi tiết là anot, trong khi bề xử lý là catot. (2) Trong mạ điện, lớp phủ được phát triển bằng cách kết dính các ion của kim loại thứ hai với bề mặt kim loại cơ bản. Trong anot hóa, lớp phủ bề mặt được hình thành thông qua phản ứng hóa học của kim loại nền tạo thành một lớp oxyt.

**Câu hỏi ôn tập Chương 8**

- 1) Nêu tầm quan trọng của quá trình làm sạch.
- 2) Nêu lý do tại sao thông thường khi làm sạch bằng cơ khi phải kết hợp thêm các quá trình làm sạch khác.
- 3) Nêu tên các quá trình làm sạch hóa học.
- 4) Nêu lý do cần phủ bề mặt và các phương pháp phủ thường dùng.
- 5) Nêu ưu điểm của phương pháp nhúng kèm nóng và các ứng dụng điển hình

**Tài liệu tham khảo**

- [1] ASM Handbook, Vol. 5, Surface Engineering, ASM International, Materials Park, Ohio, 1993.
- [2] Budinski, K. G. Surface Engineering for Wear Resistance. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.
- [3] Durney, L. J. (ed.). The Graham's Electroplating Engineering Handbook, 4th ed. Chapman & Hall, London 1996.

# Chương 9

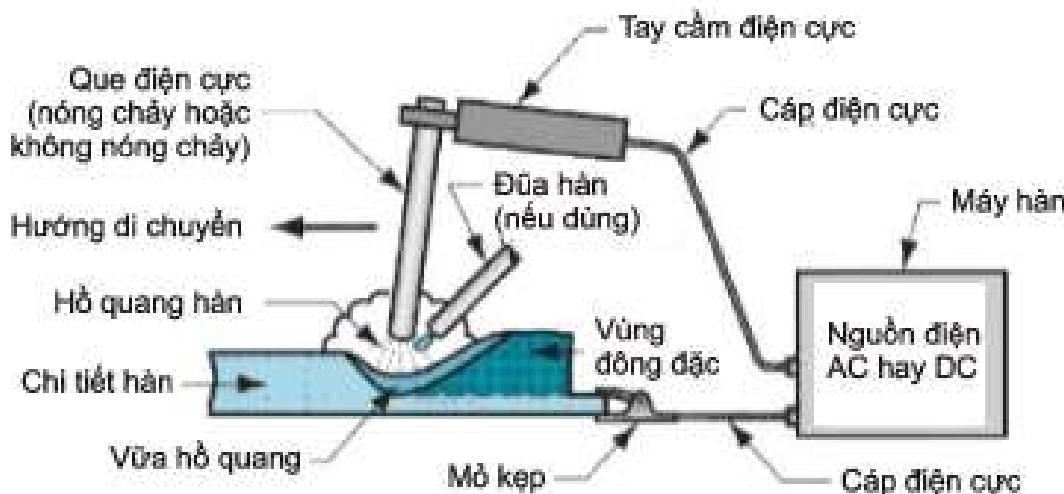
## QUÁ TRÌNH LẮP RÁP

Nội dung chương này trình bày quá trình liên kết và lắp ráp hai hoặc nhiều chi tiết tạo nên sản phẩm. Các dạng mối lắp có thể phân thành hai loại cơ bản: mối lắp không tháo được (ví dụ như hàn hồ quang, hàn giô đá,...) và mối lắp tháo được (ví dụ như mối lắp bu lông – đai ốc, mối lắp then,...)

### 9.1 CÁC MỐI LẮP KHÔNG THÁO ĐƯỢC (JOINING PROCESSES)

#### 9.1.1 Hàn hồ quang điện (Arc Welding)

Hàn hồ quang là phương pháp hàn nóng chảy, trong đó vùng kim loại hàn được làm nóng bằng hồ quang điện giữa que điện cực và chi tiết hàn. Hình 9.1 mô tả nguyên lý hàn hồ quang điện.



**Hình 9.1** Hàn hồ quang điện

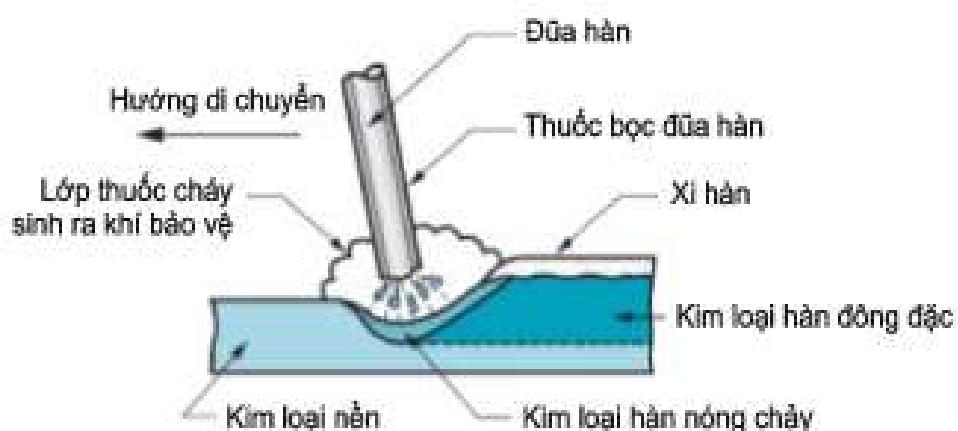
Hồ quang điện được tạo ra từ hiện tượng phóng điện của dòng điện đi qua khe hở giữa hai điện cực, trong đó một điện cực đóng vai trò là chi tiết. Quá trình này được duy trì bởi sự xuất hiện của cột khí bị ion hóa nhiệt (gọi là plasma) thông qua môi trường khí giữa hai điện cực, kèm theo là sự phát nhiệt lớn và phát ánh sáng mạnh. Để tạo hồ quang, di chuyển điện cực vừa tiếp xúc với chi tiết, sau đó nhanh chóng nhắc lên và duy trì khe hở nhỏ giữa điện cực và chi tiết, từ đó xuất hiện hồ quang. Nhiệt độ tại vùng hồ quang đạt  $5.500^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn làm nóng chảy hầu hết các loại kim loại khác nhau tạo nên vữa hồ quang. Vữa hồ quang bao gồm kim loại của chi tiết và kim loại của đầu hàn (nếu dùng). Trong hầu hết các trường hợp hàn hồ quang, đầu hàn được dùng để bổ sung vật liệu, làm tăng thể tích và độ bè mối hàn.

Điện cực sử dụng khi hàn hồ quang có thể bị nóng chảy (Consumable electrodes) hoặc không bị nóng chảy (Nonconsumable electrodes). Với điện cực nóng chảy, chìc nồng chính là bổ sung kim loại vào vùng hàn, được chế tạo từ kim loại hoặc hợp kim có thành phần gần tương tự với vật liệu chi tiết hàn. Hình dáng có dạng que hàn hoặc dây hàn. Lõi que hàn có chiều dài từ 225 đến 450 mm, đường kính 9,5 mm hoặc nhỏ hơn. Trên thực tế thường dùng que hàn có đường kính từ 1 đến 6 mm. Nhược điểm của que hàn là phải dừng và thay đổi que khác khi dùng hết chiều dài que. Khắc phục điều này, có thể sử dụng dây hàn, giúp quá trình cấp dây liên tục và kéo dài. Với điện cực không nóng chảy, vật liệu thường dùng là Tungsten hoặc carbon (hiếm khi dùng) có nhiệt độ nóng chảy cao. Điện cực không nóng chảy cho hồ quang hàn ổn định, tuy nhiên, cần bổ sung kim loại hàn bằng cách cấp thêm dây hàn.

Nguồn điện sử dụng trong hàn hồ quang có thể là nguồn điện một chiều DC hoặc xoay chiều AC. Máy hàn dòng AC có giá thấp hơn so với máy hàn dòng DC, nhưng chủ yếu hàn cho các loại sắt, thép. Máy hàn dòng DC có thể sử dụng cho hầu hết các loại kim loại, cho chất lượng mối hàn tốt, dễ mối hồ quang và dễ hàn.

### Sau đây là một số phương pháp hàn phổ biến

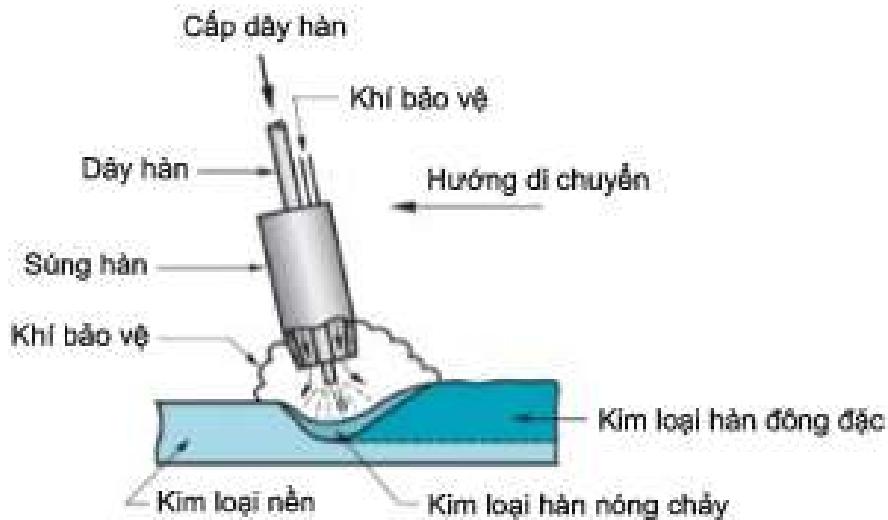
- a) Hàn hồ quang điện bằng đũa hàn (Stick welding). Vật liệu đũa hàn phải phù hợp với kim loại nền và được bọc lớp thuốc hàn bên ngoài, chiều dày lớp thuốc 1 đến 2 mm. Trong quá trình hàn, lớp thuốc bị cháy tạo ra lớp khí bảo vệ, tránh sự oxy hóa xâm nhập khí từ môi trường, tăng khả năng ion hóa để duy trì cột hồ quang ổn định, tạo xi lông đồng đều che phủ vùng hàn làm giảm tốc độ nguội của mối hàn, khử ứng suất, hạn chế nứt, cong vênh sau hàn.



*Hình 9.2 Hàn hồ quang điện bằng đũa hàn*

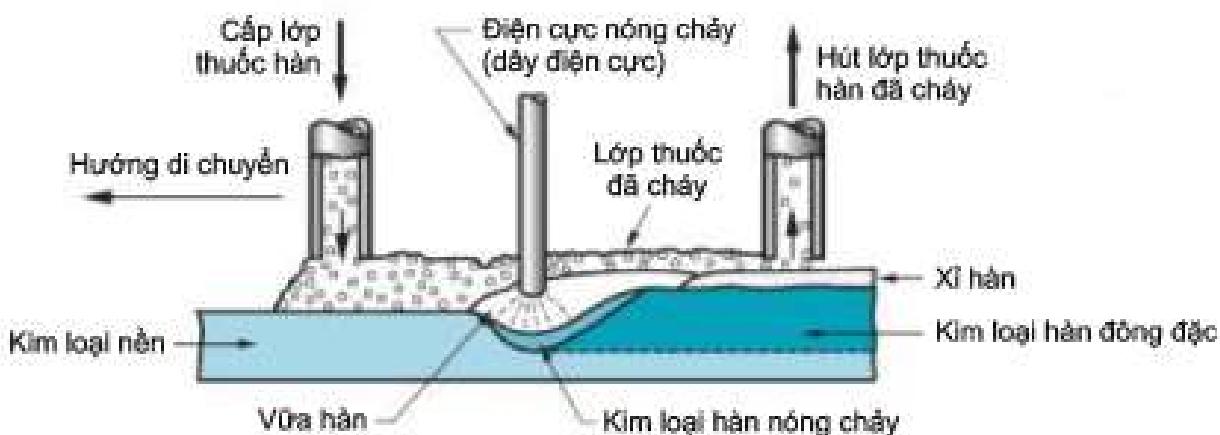
- b) Hàn hồ quang điện có lớp khí bảo vệ (Gas metal arc welding). Dây cũng thuộc nhóm hàn điện cực nóng chảy, sử dụng dây kim loại (dây tròn) làm điện cực và khí bảo vệ được thổi trực tiếp vào vùng hàn. Đường kính dây hàn từ 0,8 đến 6,5 mm cấp liên tục vào súng hàn. Lựa chọn loại khí bảo vệ phụ thuộc vào kim loại hàn. Ví dụ, khi trợ dùng khí hàn hợp kim nhôm và thép không gỉ, điển hình của phương pháp này là hàn hồ quang điện cực nóng chảy bảo vệ bằng khí trợ - MIG

(Metal Inert Gas), hoặc bảo vệ bằng khí hoạt tính  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,... dùng cho thép carbon thấp và trung bình, điển hình là phương pháp hàn MAG (Metal Active Gas).



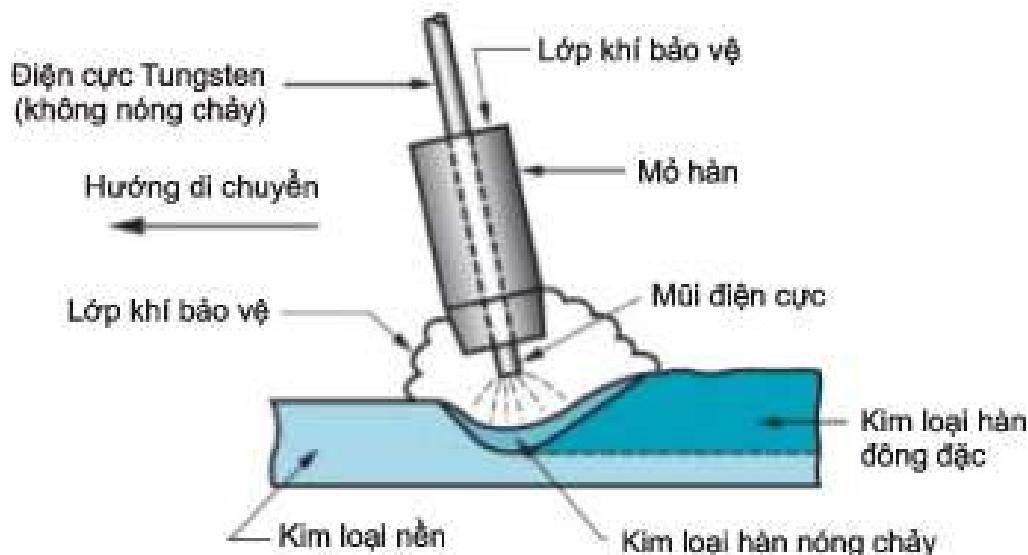
*Hình 9.3 Hàn hồ quang điện có lớp khí bảo vệ (MIG/MAG)*

- c) **Hàn hồ quang chìm** (Submerged arc welding). Hình 9.4 dùng dây hàn tro cho phép hàn liên tục. Cấu tạo thiết bị hàn gồm đầu cấp và thu hồi thuốc hàn. Thuốc hàn cấp vào che phủ vùng hàn, trong quá trình hàn bị cháy tạo thành lớp xi bảo vệ, phản thuốc đã cháy được hút ra ngoài sau đó. Phương pháp ứng dụng chế tạo các loại thép hình kết cấu hàn (dầm chữ I), các ống đường kính lớn, bồn bể,...



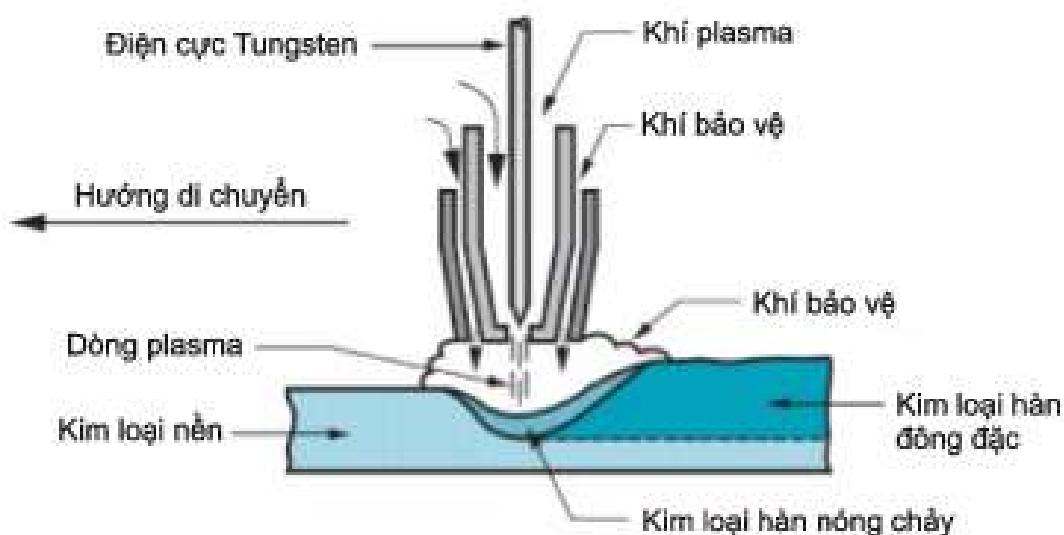
*Hình 9.4 Hàn hồ quang chìm*

- d) **Hàn điện cực Tungsten** (Tungsten Inert Gas - TIG), tên gọi khác của phương pháp này là hàn điện cực Wolfram (Wolfram Inert Gas - WIG). Hình điện cực được làm bằng Tungsten (Wolfram) có nhiệt độ nóng chảy rất cao  $3410^{\circ}\text{C}$ . Khí bảo vệ có thể là Argon, Helium hoặc trộn các thành phần khí khác nhau. Phương pháp này ứng dụng hàn các cặp kim loại khác nhau, phổ biến nhất là hàn nhôm và thép không gỉ.



**Hình 9.5** *Hàn điện cực Tungsten, TIG*

- e) **Hàn plasma (Plasma arc welding):** đây là một dạng đặc biệt của hàn điện cực Tungsten, trong đó dòng hồ quang plasma hướng trực tiếp đến vùng hàn. Đầu điện cực Tungsten có thiết kế đặc biệt cho phép tập trung dòng khí tạo tốc độ cao (Argon hay hỗn hợp Argon – Hydrogen) vào vùng hồ quang, tạo thành hồ quang plasma có tốc độ và nhiệt độ cao. Khí bảo vệ thường là Argon, Argon – Hydrogen hay Helium. Nhiệt độ tại vùng hồ quang plasma đạt  $17.000^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn, dù làm nóng chảy bất kỳ kim loại nào, kể cả Tungsten. Tuy nhiên, hạn chế dùng phương pháp này cho các loại vật liệu đồng thiếc, gang, chì và ma-giê.



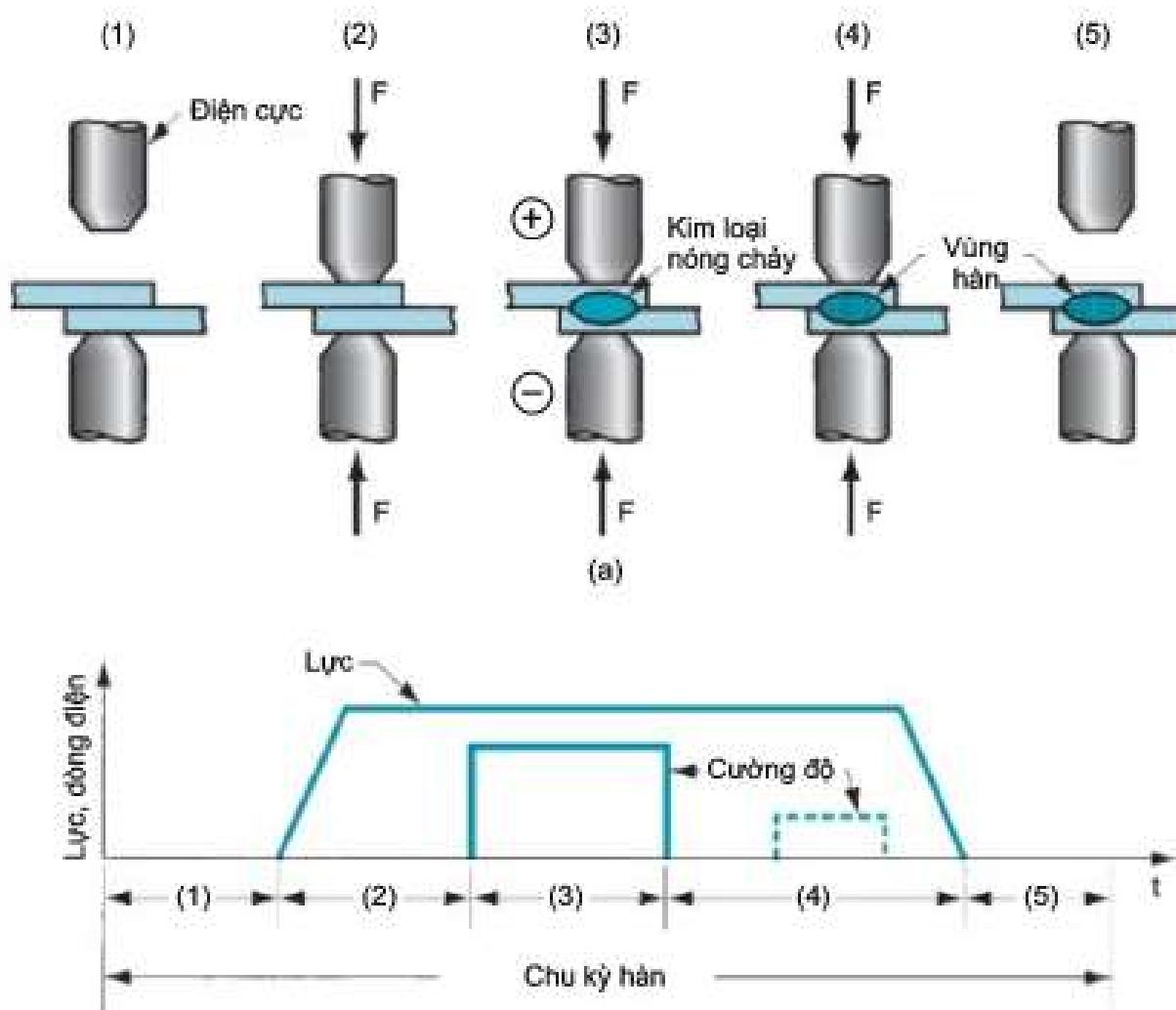
**Hình 9.6** *Hàn Plasma*

### 9.1.2 Hàn điện trở (Resistance welding)

Hàn điện trở là phương pháp hàn nóng chảy bằng cách kết hợp nhiệt độ và lực ép để tạo nên mối liên kết kim loại. Khi có dòng điện chạy qua giữa hai điện cực sẽ làm phát sinh nhiệt tại vùng tiếp xúc nhỏ giữa hai tấm hàn, nung nóng kim loại đến trạng thái chảy.

Tiếp theo, ngắt dòng điện và ép với lực đủ lớn, chờ đông đặc tạo nên mối hàn. Quá trình hàn điện trở được thể hiện ở Hình 9.7 bao gồm các bước:

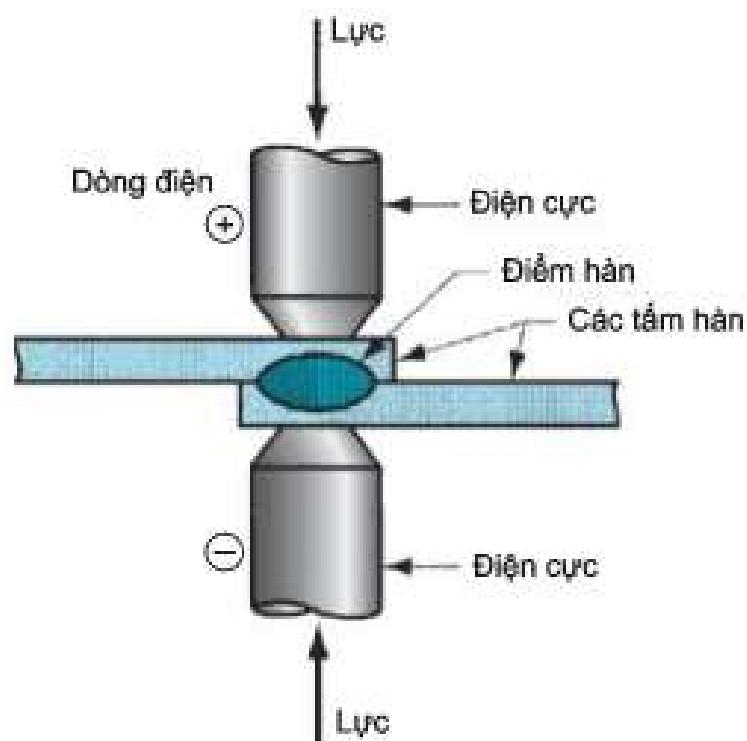
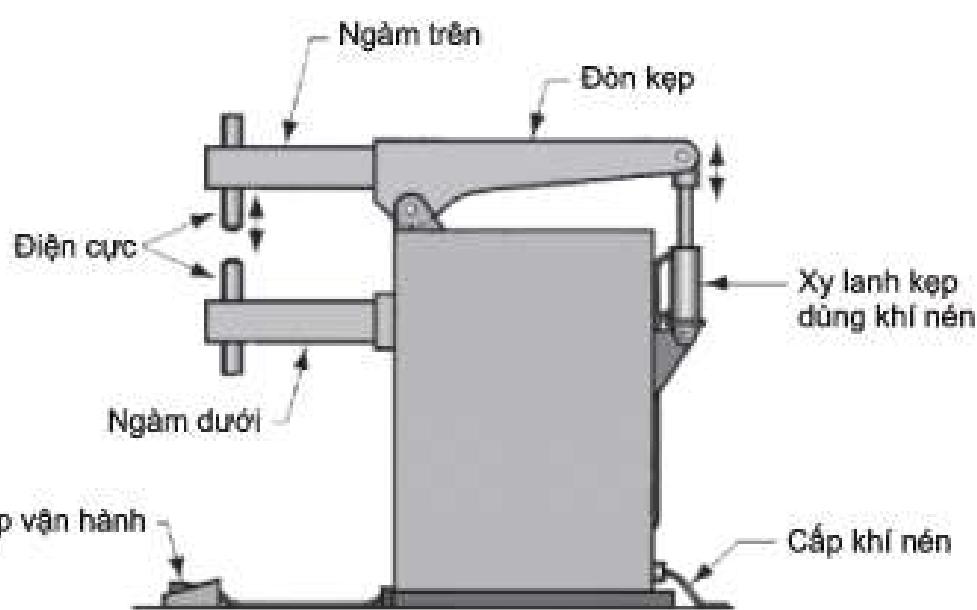
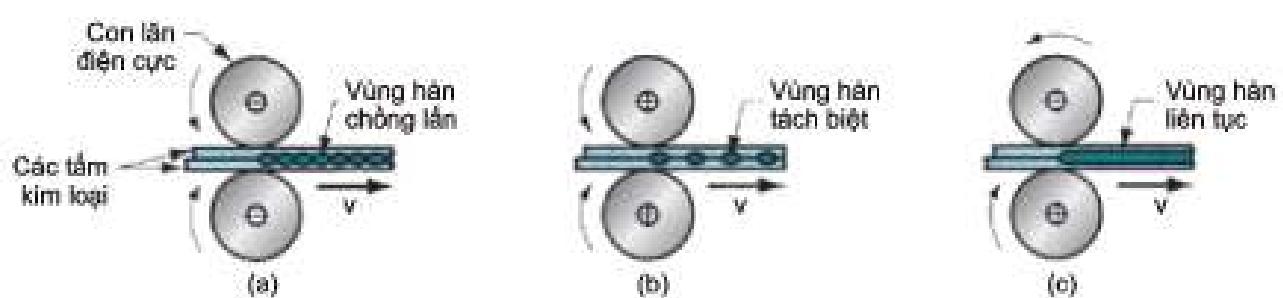
- (1) Gá đặt chi tiết giữa hai điện cực.
- (2) Điện cực kẹp chi tiết.
- (3) Dòng điện chạy qua, xuất hiện vùng kim loại nóng chảy tại bề mặt tiếp xúc giữa hai tấm kim loại.
- (4) Ngắt dòng điện và giữ nguyên lực kẹp.
- (5) Mờ điện cực và lấy chi tiết.



Hình 9.7 Quá trình hàn điện trở

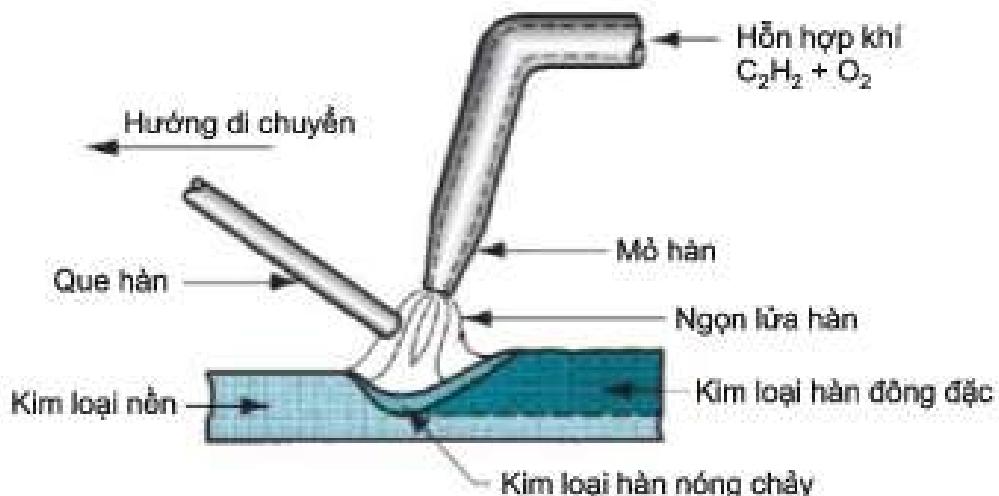
Có hai dạng hàn điện trở:

- Hàn điểm (Resistance spot welding) như Hình 9.8, Hình 9.9 và Hình 9.10 (a, b)
- Hàn đường (Resistance Projection Welding) như Hình 9.10 (c)

*Hình 9.8. Hàn điểm**Hình 9.9. Máy hàn điểm**Hình 9.10. Hàn con lăn*

### 9.1.3 Hàn bằng khí (Oxyacetylene welding)

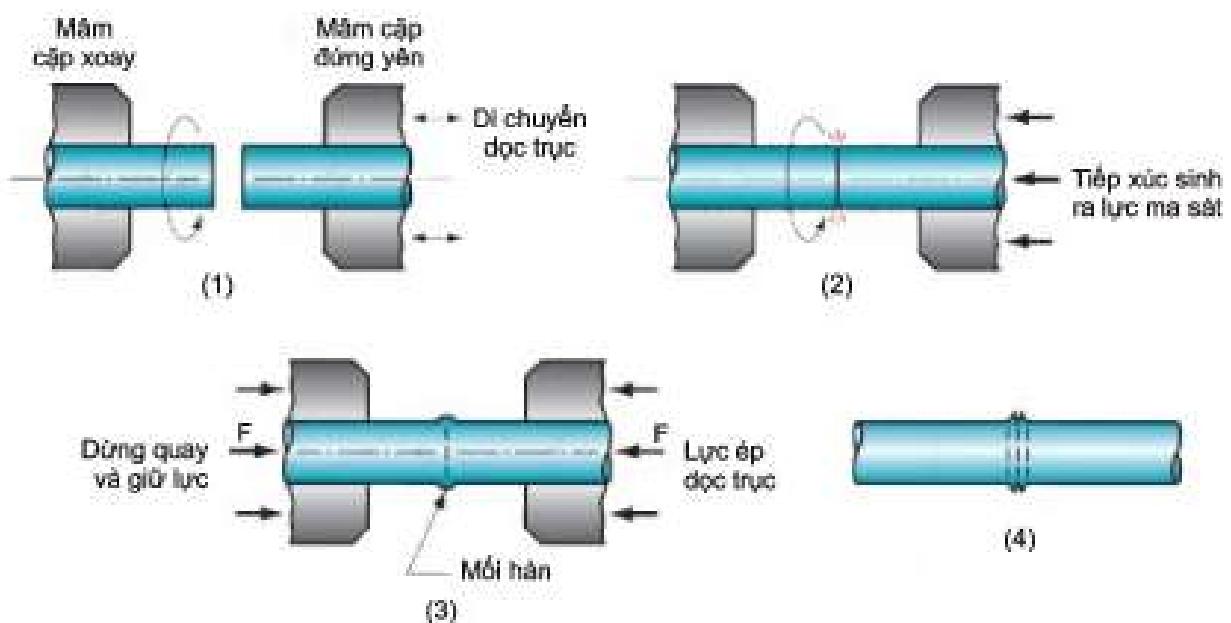
Hàn bằng khí, hay còn gọi hàn giò đá, là phương pháp hàn nóng chảy, sử dụng nhiệt của ngọn lửa sinh ra từ việc đốt cháy hỗn hợp khí khí acetylene ( $C_2H_2$ ) và oxy ( $O_2$ ), làm nóng chảy vùng hàn. Đôi khi dùng thêm que hàn để bổ sung kim loại vào vùng hàn (nếu cần). Quá trình hàn bằng khí thể hiện ở Hình 9.11. Ngọn lửa hàn có nhiệt độ rất cao, gồm 3 vùng: vùng sát mỏ hàn có màu sáng trắng đạt  $3480^{\circ}C$ ; vùng giữa  $2090^{\circ}C$ , ngọn lửa có màu xanh dương; và chuyển dần sang vùng bên ngoài  $1260^{\circ}C$  có màu vàng cam.



*Hình 9.11 Hàn bằng khí*

### 9.1.4 Hàn ma sát (Friction welding)

Hàn ma sát là phương pháp hàn ở trạng thái rắn, chuyển động tương đối giữa hai bề mặt tiếp xúc dưới áp lực lớn sẽ sinh ra lực ma sát làm nóng nung hai bề mặt này đến trạng thái chảy, duy trì lực ép để hình thành liên kết mối hàn giữa hai bề mặt. Quá trình hàn tiếp xúc trải qua các giai đoạn như Hình 9.12.

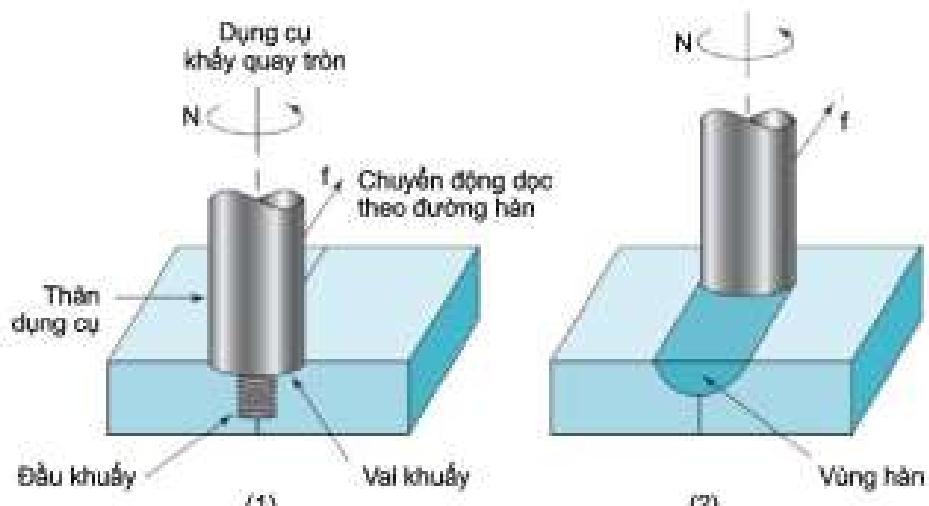


*Hình 9.12 Hàn ma sát*

- (1) Mâm cáp mang chi tiết (bên trái) xoay tròn.
- (2) Chi tiết (bên phải) tịnh tiến tiếp xúc với chi tiết (bên trái), sinh ra nhiệt làm nóng chảy bề mặt tiếp xúc.
- (3) Ngừng xoay chi tiết (bên trái), trong khi ấy vẫn giữ nguyên áp lực lên bề mặt tiếp xúc cho đến khi hình thành mối hàn.
- (4) Lấy chi tiết ra.

### 9.1.5 Hàn ma sát khuấy (Friction stir welding)

Hàn ma sát khuấy là phương pháp hàn ở trạng thái rắn, tương tự như mối hàn ma sát. Điểm khác biệt chính là sử dụng thêm dụng cụ tạo ma sát, chuyển động xoay tròn và chạy dọc theo đường hàn giữa hai chi tiết. Nhiệt sinh ra từ ma sát giữa dụng cụ khuấy và chi tiết làm nóng chảy vùng hàn và có sự khuấy trộn vật liệu ở trạng thái chảy của hai chi tiết hàn. Hình 9.12 mô tả nguyên lý hàn ma sát khuấy.

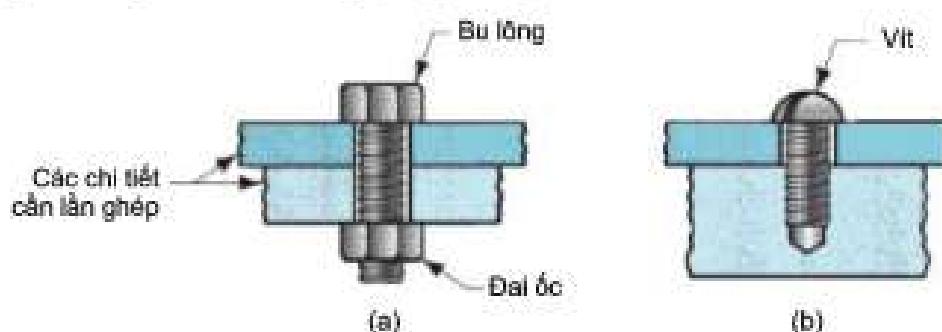


*Hình 9.13 - Hàn ma sát khuấy*

## 9.2 CÁC MỐI LẮP THÁO ĐƯỢC (MECHANICAL ASSEMBLY)

Các mối lắp tháo được sử dụng rất rộng rãi trong lắp ráp hai hay nhiều chi tiết với nhau. Ưu điểm lớn nhất của dạng mối lắp tháo được chính là dễ dàng lắp vào và dễ dàng tháo chi tiết ra. Có thể phân thành hai loại chính: mối lắp tháo được hoàn toàn (mối lắp ren, bu lông-dai ốc,...) và mối lắp tháo được không hoàn toàn (đinh tán, ri-vết,...).

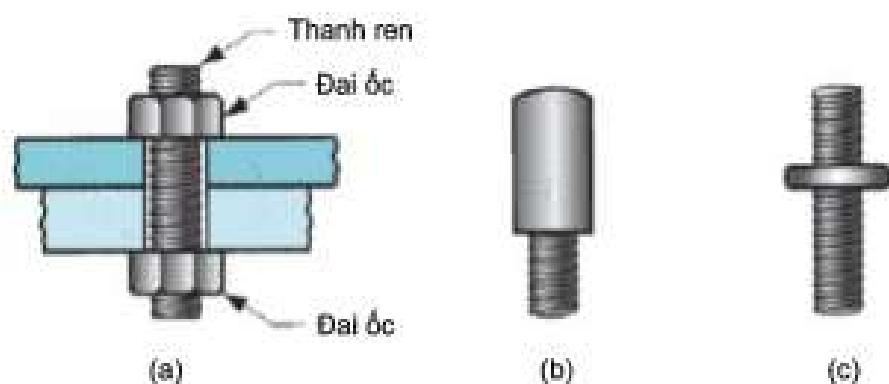
### 9.2.1 Mối lắp bu lông-dai ốc và lắp ghép bằng vít (Hình 9.14 đến Hình 9.16)



*Hình 9.14 - Mối lắp bu lông-dai ốc, lắp bằng vít*



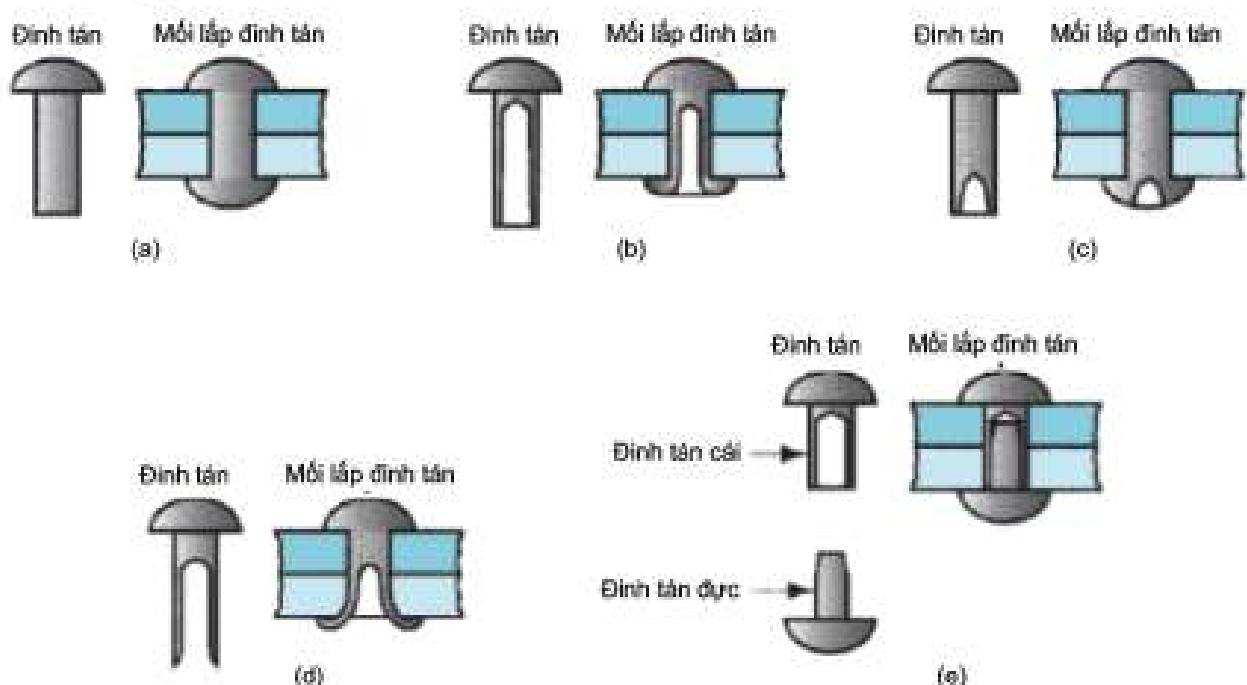
**Hình 9.15** Một số dạng đầu bu-lông, vít



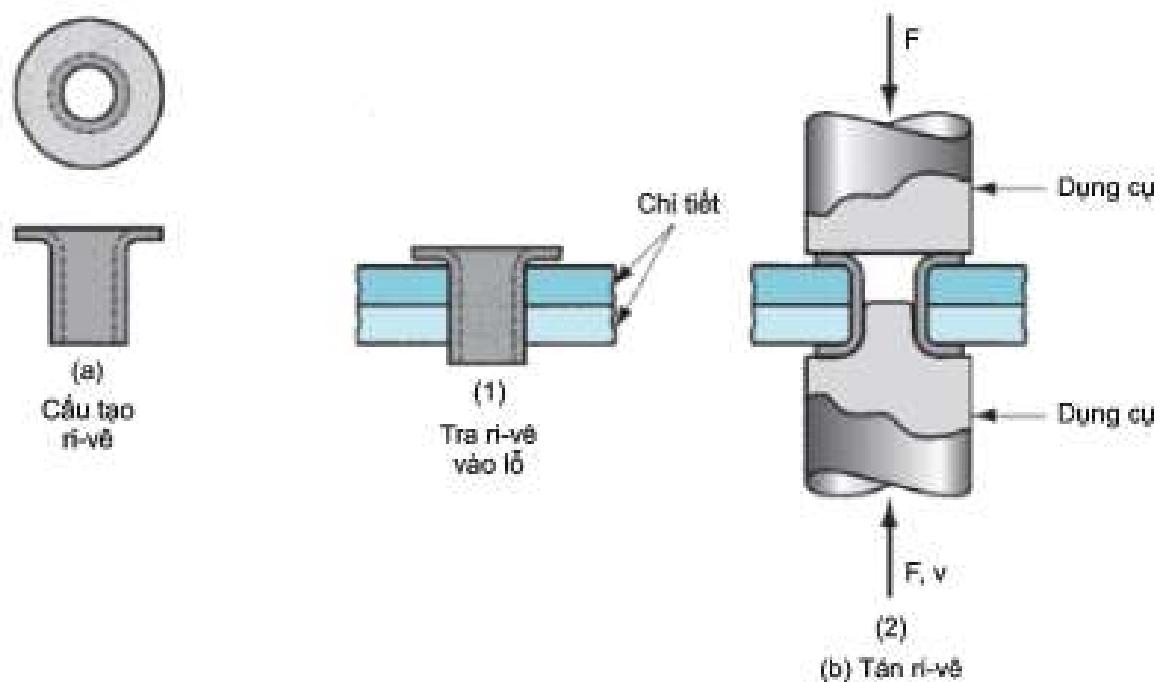
**Hình 9.16** Một số dạng thanh ren khác nhau

(a) Thanh ren toàn bộ, (b) Thanh ren 1 đầu, (c) Thanh ren 2 đầu

### 9.2.2 Mồi lắp đinh tán (Hình 9.17) và ri-vê (Hình 9.18)



**Hình 9.17** Một số kết cấu lắp đinh tán



Hình 9.18 Mối lắp ri-vết

## Câu hỏi ôn tập Chương 9

- 1) So sánh ưu và nhược điểm của mối lắp tháo được và không tháo được.
- 2) Điểm khác biệt cơ bản giữa phương pháp hàn nóng chảy và hàn ở trạng thái rắn là gì?
- 3) Mô tả về lớp bảo vệ trong hàn hồ quang điện.
- 4) Tại sao trong hàn hồ quang, thường cần có lớp khí bảo vệ?
- 5) Hồ quang điện là gì?
- 6) So sánh mối lắp định tán và ri-vết.
- 7) Trình bày một số nguyên nhân làm cho mối lắp tháo được trở nên không thể tháo được.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Galyen, J., Sear, G., and Tuttle, C. A. Welding, Fundamentals and Procedures, 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 1991.
- [2] ASM Handbook, Vol. 6, Welding, Brazing, and Soldering. ASM International, Materials Park, Ohio, 1993.
- [3] Cary, H. B., and Helzer, S. C. Modern Welding Technology, 6th ed. Pearson/Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005.
- [4] Datsko, J. Material Properties and Manufacturing Processes. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1966.
- [5] Messler, R. W., Jr. Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
- [6] Welding Handbook, 9th ed., Vol. 1, Welding Science and Technology. American Welding Society, Miami, Florida, 2007.
- [7] Wick, C., and Veilleux, R. F. Tool and Manufacturing Engineers Handbook, 4th ed., Vol. IV, Quality Control and Assembly. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan, 1987.